PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 2. 15. Januar 1905. Redaktionsschluss für No. 3 am 25. Januar 1905. 6. Jahrgang.

INHALT:

Originalmitteilungen:

V. Gabritschewski, Die elektrische Radiographie. S. 33.

A. Schmidt, Über die Radioaktivität einiger Süsswasserquellen des Taunus. S. 34.

J. J. Taudin Chabot, Eine neue Radiation oder eine neue Emanation. III. S. 37.

S. Maisel, Zur Theorie ungedämpfter elektrischer Schwingungen. S. 38.

M. Iklé, Über die Bezeichnungsweise der Empfindlichkeit eines Galvanometers. S. 43.

A. Heydweiller, Magnetostriktion. S. 44.

F. E. Kester, Der Joule-Thomson-Effekt in Kohlensäure. S. 44.

K. v. Wesendonk, Zur Thermodynamik. S. 50.

Vorträge und Reden:

G. W. A. Kahlbaum u. M. Steffens, Über die spontane Einwirkung von Metallen auf die empfindliche Schicht photographischer Platten bei Vermeidung jedes direkten Kontaktes. S. 53.

Besprechungen:

J. Kleiber, Lehrbuch der Physik für humanistische Gymnasien. S. 60.

J. Kleiber u. B. Karsten, Lehrbuch der Physik für technische Lehranstalten. S. 60.

O. Krell, Über Messung von dynamischem und statischem Druck bewegter Luft. S. 61.

R. Dorr, Mikroskopische Faltungsformen. S. 61.

K. Fuss u. G. Hensold, Lehrbuch der Physik. S. 61.

Beiträge zur Frage des Unterrichts in Physik und Astronomie an den höheren Schulen. S. 61.

Deutsche Unterrichts-Ausstellung. S. 64.

Personalien. S. 64.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Die elektrische Radiographie.

Von V. Gabritschewski.

Wenn auf einer elektrisierten Ebonitfläche nebst dem Radium sich verschiedene, vorzüglich platte Gegenstände befinden und wenn darauf, ungefähr nach 10—15 Minuten diese Gegenstände und das Radium von der Platte weggenommen und die letztere mit dem Gemische von Schwefel und Mennig, das man bei den Lichtenbergschen Figuren braucht, bestreut wird, so erscheinen auf der Oberfläche der Platte prachtvolle, scharf abgegrenzte Abbildungen der Gegenstände. Auf der photographischen Aufnahme I sieht man deutlich 6 Figuren. *A* ist die Abbildung der Glasröhre mit dem Radium. *B* und *F* die Abbildungen zweier Kupfermünzen, *C* und *E* zweier Schlüssel und *D* eines gewöhnlichen hölzernen Bleistiftes. Die Platte war negativ elektrisiert und die Bilder sind rot, negativ elektrisch. Auf der photographischen Aufnahme III haben wir wieder zwei Schlüssel, Münze, Glasröhre mit dem Radium und ein

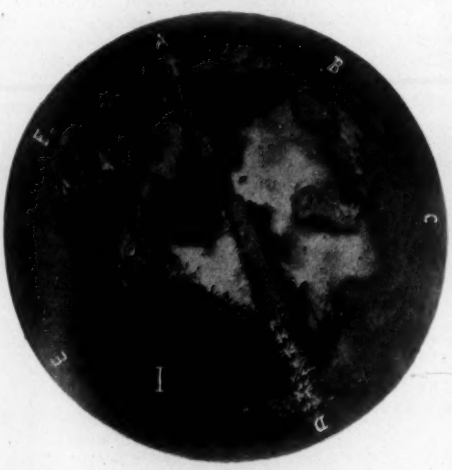


Fig. 1.

Fig. 2.

Streichhölzchen. II ist die Abbildung einer Schere.

Je näher der Gegenstand die Fläche berührt, desto besser sind die Bilder; um aber den Effekt überhaupt zu erhalten, ist die Berührung nicht notwendig. Man erreicht auch dieselben Resultate, wenn man das Radium von der Platte etwas entfernt hält und selbst, wenn es sich auf der anderen Seite der Platte befindet. Bei kleineren und dünneren Platten gelang es mir, die Abbildung der Münze mit den Ziffern und Wörtern, die darauf stehen, in 3 Minuten zu bekommen.

Bei der Radiographie der Hand befand sich eine dünne Ebonitplatte zwischen der Hand und dem Radium. Die Abbildung erhält man nicht nur auf der Seite, wo die Hand die Platte berührte, und wo sie bloss dadurch entstehen konnte, dass die Elektrizität einfach abgeführt wurde, sondern auch auf der anderen Seite. Auf beiden Seiten ist das Bild neutral und das umgebende Feld gelb, also positiv. Das Bild auf der Seite, wo sich das Radium befand, ist durch eine rote Kante und auf der anderen Seite durch eine gelbe Kante abgegrenzt.

Elektrisiert man nur einen Teil der Platte und legt man das Radium auf die Platte, wo sie neutral bleibt, so hat man in diesem Falle eine gelbe Abbildung des Radiums im schwachen

Fig. 3.

roten Felde, also einen negativen Effekt, wenn man den früheren positiv nennt. Bei diesem Versuche lag die Platte auf dem Tische. Bemerkenswert ist hier der Umstand, dass man längs der Grenzlinie zwischen dem elektrisierten und nichtelektrisierten Teile zwei parallele Streifen bekommt, einen roten Streifen auf dem elektrisierten Teile und einen gelben auf dem anderen.

Wie man aus der Aufnahme I sieht, ist die Form des Bleistiftes etwas verändert (ebenso auch die Form des Streichhölzchens III): die beiden Grenzlinien sind nicht parallel. Die Vermutung eines Schatteneffekts kann man leicht beseitigen, wenn man anstatt eines cylindrischen Körpers, den man horizontal legt, drei kürzere cylindrische Körper vertikal, längs einer geraden Linie, einem nach dem anderen auf die Platte stellt, so dass die Entfernungen zwischen den nebenstehenden Körpern gleichgross sind. In diesem Falle (Fig. 4) erhält man folgendes. Rings um jeden Cylinder entstehen rote Flecken, die mit dem wachsenden Abstande von Radium immer grösser werden. Ausserdem haben alle drei Flecken verschiedene Form. Der erste und der dritte, also der nächste und der entfernteste vom Radium sind nicht mit den unteren Flächen der Cylinder konzentrisch, sondern etwas in der Richtung der nebenstehenden Cylinder ausgedehnt. Der mittlere Flecken, der von beiden Seiten gleichgrosse Körper hat, ist symmetrisch nach beiden Seiten ausgedehnt.

Betrachtet man noch die Abbildung des Radiums in der Aufnahme I, so bemerkt man, dass das Ende, das gegen die Masse des Bleistiftes gerichtet ist, auch breiter als das entgegengesetzte ist. Bei den Versuchen mit den vertikalen cylindrischen Körpern habe ich noch bemerkt, dass die Grösse der Flecken nicht nur von der Zeit der Exposition, sondern auch von der Länge

Fig. 4.

der Körper abhängt. Mit der Zeit ziehen sich die Flecken zusammen und die Flecken unter den längeren Körpern bleiben immer grösser.

Alle diese Erscheinungen kann man erklären, wenn man neben der Ionisierungskraft des Radiums noch eine andere Kraft annimmt, die vom Abstande von den Körpern, die auf der Platte liegen, abhängt, die von induzierter Elektrizität der Körper herrührt und die Elektrizität der Platte gegen die Körper zusammenzieht.

Universität Moskau.

(Eingegangen 30. November 1904.)

Über die Radioaktivität einiger Süsswasserquellen des Taunus.

Von A. Schmidt.

Infolge einer von Herrn Professor Dr. F. Henrich ausgehenden Anregung und nach dem Durchlesen eines die Aktivität der Quellen behandelnden Aufsatzes von Herrn Prof. Dr. Him-

stedt[1]) entschloss ich mich zu einer Prüfung einiger Taunusquellen nach der genannten Richtung hin. Die Versuche sind bezüglich einiger Süsswasserquellen zu einem gewissen Abschlusse gekommen; die wichtigsten Resultate seien hier kurz skizziert. Die Gesamtarbeit soll als wissenschaftliche Beilage zu dem Osterprogramm des Wiesbadener Realgymnasiums erscheinen.

Als Versuchsmethode wurde die von Elster-Geitel-Himstedt angewandte gewählt.[2]) Die Modifikationen waren, zunächst wenigstens, unwesentlich.

Rund 11000 cm³ Zimmerluft befanden sich in einem geschlossenen Kreise. Sie wurden mittels einer doppelt wirkenden Hahnluftpumpe durch 600 cm³ Quellwasser, die sich in einer Wulfschen Flasche von 1 Liter Inhalt befanden, durch drei Trockenröhren und ein mit Kupferwolle ausgestattetes geerdetes Messingrohr in eine, in dem angeführten Aufsatze der Herren Elster und Geitel beschriebene, Metallglocke gepresst, die auf einer Metallplatte luftdicht aufsass. Die Glocke umschloss ein Exnersches Elektroskop[3]), an welchem der durch die aktivierte Luft bewirkte Potentialabfall gemessen wurde. Ein zweites Schlauchrohr der Glocke war mit dem Saugrohr der Luftpumpe verbunden. Sämtliche Verbindungen waren luftdicht. Jeder Kolbenhub der Pumpe presste rund 600 cm³ Luft durch das Wasser der Wulfschen Flasche und saugte das gleiche Volumen aus der Glocke wieder an. Auf je 10 Minuten kamen 25 Kolbenhube; jeder Versuch dauerte 1 — 1 h 20 Minuten. Das geerdete Metallrohr[4]) machte die etwa auftretende Wasserfallelektrizität unwirksam. Bei allen Versuchen wurden dieselben Verhältnisse gewahrt.

Vor dem eigentlichen Versuche wurde der von der Luft allein bewirkte Potentialabfall bestimmt — er schwankte von Anfang August bis Ende November zwischen 3 und 7 Volt — und von dem bei dem Versuche unter sonst gleichen Bedingungen sich ergebenden in Abzug gebracht.

Um mit einem bestimmten Masse rechnen zu können, möge im folgenden der Potentialabfall, welchen die unter den beschriebenen Bedingungen durch 600 cm³ der Versuchsflüssigkeit gepresste Luft von 1l in einer Stunde hervorbringt, „Aktivität der Flüssigkeit" genannt werden.

Hierbei ist noch zu beachten: Während eines Zeitraumes, der, vom Beginne des Versuchs an gerechnet, in den einzelnen Fällen zwischen 10 und 20 Minuten schwankte, wuchs der Potentialabfall und wurde dann konstant. Rechnet man die Versuchsstunde vom Beginne des Experimentes an, so erhält man daher einen kleineren Wert, als wenn man sie von dem Momente an zählt, da die Konstanz eintritt. Da immer unter gleichen Verhältnissen gearbeitet wurde, so können, wenn das obige Mass überhaupt zulässig ist, beide Werte als Mass dienen; der zweite ist aber vorzuziehen, da von dem Momente der Konstanz an der Potentialabfall der Zeit proportional ist. Anfangs wurde darauf nicht geachtet; um alle erhaltenen Resultate vergleichen zu können, werde ich beide Werte anführen, wenn beide beobachtet wurden, und den ersten mit A, den zweiten mit A_x kennzeichnen.

Es wurden seit dem 26. August 1904 im ganzen 9 Süsswasserquellen untersucht. Die folgende Tabelle enthält die Beobachtungsresultate für drei derselben:

	Datum der Abfüllung	Beginn des Experim.	Versuchstemperat.	A	A_x
I. Theissbachquell. ca. 500 m Meereshöhe	3. Okt. 04 $9^1/_2$ h Vorm.	2 h 40 Nm.	17°	154.4	—
II. Wahlsborn Dambachthal	28. Okt. 4 h 30 Nm.	6 h 05 Nm.	15°	112	130
III. Habelsquelle unterhalb der „Platte"	16. Nov. 11 h 30 Vm.	6 h Nachm.	12°	85,6	99.3

Das eingeführte Mass wäre unbrauchbar, wenn in der Versuchsflüssigkeit ein Rest von Aktivität bliebe, der bei verschiedenen Quellen auch noch verschieden sein könnte. Um darüber zu entscheiden, wurde Curies Verfahren[1]) für Thermalquellen auf die Süsswasserquellen übertragen. Am 2. November wurde in dem geschlossenen Luftkreise die Wulfsche Flasche durch eine Kochflasche von 1 Liter Inhalt ersetzt, in welcher sich 600 cm³ der Quelle II frisch entnommenes Wasser befanden. An die Trockenröhre war sie durch einen Liebigschen Kühler geschlossen. Die Luft des Kreises mischte sich in der Flasche mit den beim Kochen des Wassers entstehenden Dämpfen, von welchen sie in dem Kühler grossenteils und in den Trockenröhren gänzlich wieder befreit wurde. Der nunmehr von ihr bewirkte Potentialabfall war anfangs von dem der Zimmerluft nicht verschieden, wuchs, als das Kochen 30 Minuten nach Beginn des Experimentes eintrat, rasch an und wurde 50 Minuten später

1) Annalen der Physik 1904, **3**.

2) J. Elster und H. Geitel, Zeitschrift für Instrumentenkunde, **24**, 193, 1904. Himstedt s. o.

3) Sämtliche Apparate wurden von Günther & Tegetmeyer, Braunschweig, in vorzüglicher Ausführung geliefert.

4) Die Kupferwolle wurde von der Firma Bühne & Co. in Freiburg i. B. bereitwilligst zur Verfügung gestellt.

1) P. Curie und A. Laborde, Compt. rend. 138. S. 1150. 1904.

konstant. Von diesem Momente an gerechnet, war $\lambda z = 129{,}3$, fast genau gleich der 4 Tage vorher an derselben Quelle mittels durchgeblasener Luft beobachteten Aktivität. Hieraus folgt zunächst:

Das Durchblasen der Luft durch das Quellwasser liefert für die Aktivität dasselbe Resultat, wie das Auskochen des Wassers. Beide Methoden seien als Luftmethode und Dampfmethode unterschieden. Die Luftmethode ist die weitaus bequemere.

Zwei Tage später wurde das ausgekochte Versuchswasser nach der Luftmethode und tags darauf nach der Dampfmethode nochmals untersucht — es erwies sich jedesmal als vollständig entaktiviert. Demgemäss enthält die durchgeblasene Luft die gesamte Aktivität des Wassers, unser Mass ist also zulässig. Der Schluss ist ein indirekter, darum wurde am 7. November das frisch abgefüllte Wasser derselben Quelle nochmals der Luftprobe allein unterzogen und tags darauf das Versuchswasser auf einen etwaigen Rest der Aktivität geprüft — es erwies sich auch diesmal als völlig entaktiviert.

Aus den vorliegenden Resultaten lässt sich weiter schliessen: Bei dem Auskochen wird das Entaktivieren durch die das Wasser durchstreichenden Dampfblasen ebenso bewirkt, wie durch die Luftblasen der Luftmethode: Die Wärme ersetzt nur die mechanische Kraft der Luftpumpe.

Aller Wahrscheinlichkeit nach ist darum die Aktivität in den Süsswasserquellen nur in Form von Emanation vorhanden, die von der Luft oder dem Dampf mitgerissen wird. Dann aber muss die so aktivierte Luft auch Emanation abgeben, also imstande sein, einen Bleidraht zu aktivieren. Der folgende Versuch, der in dieser Form und zu diesem Zwecke meines Wissens neu ist, bestätigte diese Schlussfolgerung und lieferte noch ein neues Resultat.

Die Metallglocke mit dem Elektroskop wurde aus dem geschlossenen Luftkreise entfernt und durch den in der öfter citierten Abhandlung von Elster und Geitel, Seite 199, beschriebenen Emanationsbehälter von 140 Liter Inhalt ersetzt, der aber zu dem vorliegenden Zwecke mit einem Zufluss- und einem Abflussschlauchrohr versehen war, und dessen Zuleitungsdraht den zu aktivierenden Bleidraht von ca. 35 cm Länge und 1 mm Dicke trug. Ferner wurde die Wulfsche Flasche durch zwei grössere Flaschen derselben Art ersetzt, welche hintereinander geschaltet waren und zusammen 11 Liter frisch abgefüllten Wassers der Quelle II enthielten. Nachdem die Luft des Emanationsbehälters durch 230—240 Kolbenhube einmal ganz durch das Quellwasser gepresst war, wurde der Bleidraht mittels eines Induktors auf ein negatives Potential von 2000—3000 Volt gebracht und 2—3 Stunden auf dieser Spannung gelassen, während zugleich mit dem Luftpressen fortgefahren wurde, bis rund 750 Kolbenhube die Luft des Behälters dreimal durch das Versuchswasser geschickt hatten. Der Draht wurde dann genau auf dem von Elster und Geitel befolgten Wege auf Aktivität und auf das Abklingen der Aktivität geprüft (vergl. obige Abhandlung Seite 200) und das Resultat mit der Curieschen Abklingungsreihe des Radiums verglichen. Der Abfall des Drahtes war allerdings gering, so dass für Quelle II und III nur 5 Glieder und für Quelle I 7 Glieder nur dadurch erhalten werden konnten, dass $\mathcal{J}_n$ aus den Spannungen E_{n-1} und E_{n+1} bestimmt wurde.

Es ergab sich für Quelle II:

	$\mathcal{J}_{15}$	$\mathcal{J}_{30}$	$\mathcal{J}_{45}$	$\mathcal{J}_{60}$	$\mathcal{J}_{75}$
durch den Versuch	6,5	5,6	5	3,3	2,4
durch Rechnung	6,52	5,5	4,42	3,44	2,6

Für Quelle III:

durch den Versuch	5	3,4	3,05	2,6	2,1
durch Rechnung	4,7	3,47	3,19	2,48	1,88

Für Quelle I:

	$\mathcal{J}_{15}$	$\mathcal{J}_{30}$	$\mathcal{J}_{45}$	$\mathcal{J}_{60}$	$\mathcal{J}_{75}$	$\mathcal{J}_{90}$	$\mathcal{J}_{105}$
durch den Versuch	5,75	4,4	3,5	3,2	2,7	1,85	1,2
durch Rechnung	5,8	4,9	3,9	3	2,3	1,7	1,2

Hieraus folgt:

1. Die durch die 3 Quellen aktivierte Luft giebt Emanation ab.

2. Die Aktivität ist in diesen Quellen wahrscheinlich nur in Form von Emanation enthalten.

3. Die Aktivität ist Radioaktivität.

Der zweite der Schlüsse wird für Quelle II dadurch sicher, dass eine am 28. Oktober der Quelle entnommene, verkorkt aufbewahrte Wasserprobe sich am 30. November als völlig entaktiviert erwies.

Der dritte Schluss liefert im Vereine mit folgender Beobachtung eine neue bequeme Methode zur Erkennung der Radioaktivität einer Süsswasserquelle. Nennen wir die Aktivität einer Quelle unmittelbar nach der Entnahme des Wassers A_0, die desselben Wassers 1, 2 ... Tage später bezw. A_1, A_2 ..., so fand sich für Quelle II, wenn das Wasser in verkorkten Flaschen aufbewahrt wurde: $A_0 : A_1 = 130 : 64{,}2 = 2{,}02$ und für Quelle III: $A_0 : A_1 = 99{,}3 : 50{,}6 = 1{,}96$. Die Aktivität beider Quellen sinkt also in 4 Tagen auf die Hälfte des ursprünglichen Wertes herab. Dieser Abfall stimmt mit dem Abklingen Emanation haltender radioaktiver Gase überein.[1])

Damit aber dürfte die folgende einfache

1) Vergl. die oben citierte Abhandlung von Curie und Laborde.

Methode zur Prüfung einer Süsswasserquelle auf Radioaktivität gegeben sein:

Man bestimmt nach der Luftmethode A_0 und A_4; ist $A_0 : A_4 = 2$, so liegt Radioaktivität vor.

Die beiden hier meines Wissens für Süsswasserquellen zum ersten Male angegebenen Methoden der Prüfung auf Radioaktivität — die Herstellung der Abklingungskurve des nach der Luftmethode aktivierten Drahtes und die Ermittelung des Abklingungsverhältnisses für den 1. und 4. Tag — erscheinen darum wichtig, weil sie wohl in den meisten Fällen die allein anwendbaren sind. Sedimente sind meist gar nicht vorhanden; der Bodensand aber kann trotz starker Aktivität der Quelle sehr schwach aktiv sein. Das gilt beispielsweise für Quelle I und für eine andere — die Kesselbachquelle —, die hier nicht weiter angeführt ist. Sind endlich die Quellen gefasst, wie Quelle II und III, so ist der Bodengrund unzugänglich.

Die Aktivität der Süsswasserquellen ist nicht konstant, wie die wenigen von mir darüber gesammelten hier folgenden Daten zeigen:

Quelle II	17. Sept.	4. Okt.	28. Okt.	7. Nov.
A	149	130	112	109
Ax		142	130	121
Quelle III	19. September		16. November	
A	129		85,6	
Ax			99,3	

Die Beobachtungen hierüber sollen im nächsten Jahre nach einem bestimmten Plane fortgesetzt werden.

Die Ausdehnung der Untersuchungen auf Mineral- und Thermalquellen — unter Ausschluss der hiesigen städtischen Thermen, die Herr Prof. Henrich bearbeitet — ist im Gange.

Erwähnen will ich hier nur, dass ich schon Ende August, damals sehr wider mein Erwarten, auf die auch von Herrn Prof. Henrich[1]) beobachtete Thatsache stiess, dass die Süsswasserquellen der Umgebung Wiesbadens fast durchweg stärker aktiv sind, als die Thermen. Beispielsweise reicht keine der städtischen Thermen — auch nicht die Schützenhofquelle mit $A = 144$ Volt (13. August) — an Quelle I heran. Nur eine wenig beachtete Privatquelle zeigt die grosse Aktivität $Ax = 303$, $A = 276$ (8. Oktober). Sie ist mir durch das Entgegenkommen des Besitzers, des Herrn Dr. Kurtz, zugänglich; ihre Beobachtung ist dem Abschlusse nahe.

Die Erklärung für diese Erscheinung dürfte sich aus den für die Süsswasserquellen erhaltenen Resultaten ohne weiteres ergeben. Die städtischen Thermen zeigen eine lebhafte Gasentwickelung. Die Gase wirken auf das Thermalwasser, das sie durchströmen, genau ebenso wie die Luftblasen oder Dampfblasen auf das Wasser der Süsswasserquellen, durch das sie gepresst werden oder in dem sie hinaufsteigen, d. h. sie entreissen ihm ganz oder teilweise die Emanation, schwächen seine Aktivität. Darum zeigt das Wasser des berühmten Kochbrunnens, dessen Gasentwickelung eine sehr starke ist, eine sehr schwache Aktivität; und darum ist die Aktivität der Quelle Kurtz, die keine oder doch nur eine sehr schwache Gasentwickelung zeigt, eine kräftige.

Wenn gleichwohl die lebhaft Gas entwickelnden Thermen nicht völlig entaktiviert sind, wenn sich unter ihnen sogar solche von beträchtlicher Aktivität befinden, so dürfte das seinen Grund darin haben, dass dieselben ausser Emanation auch aktive Elemente — Thor? Radium? — in irgendwelcher Verbindung enthalten. Damit stimmen die von Herrn Prof. Henrich mitgeteilten Beobachtungen[1]), dass alter Sinter noch merkliche Aktivität zeigt und dass aus den Thermen gewonnene Salze ihre Aktivität in einem Zeitraume von drei Wochen nicht ändern, gut überein.

Die hier vorliegenden Untersuchungen fanden eine ausdauernde, selbstlose und sehr geschickte Unterstützung durch Herrn Kandidaten Ernst Hochheim. Die Mehrzahl der Messungen ist von ihm ausgeführt und auch für die Versuchsanordnung ging manche nützliche Anregung von ihm aus. Ich spreche ihm an dieser Stelle meinen wärmsten Dank aus. Auf anderweitige Unterstützung, die mir zuteil geworden ist, komme ich bei Veröffentlichung der Gesamtarbeit zu sprechen.

1) F. Henrich, Zeitschrift für angewandte Chemie XVII, Heft 6, S. 3.

1) Vergl. o. S. 3 u. 4.

Wiesbaden, im Dezember 1904.

(Eingegangen 6. Dezember 1904.)

Eine neue Radiation oder eine neue Emanation.

(Dritte Mitteilung.)

Von J. J. Taudin Chabot.

Bei Wiederholung meiner Versuche[1]) und daran geknüpfter Betrachtung[2]) hat Herr G. Berndt den erklärenden Text der Figuren, der versehentlich ausgefallen war und darum erst nachgetragen werden musste[3]), wohl nicht

1) Diese Ztschr. 5, 103 u. 168, 1904. Seitdem 2. Mitt.: diese Zeitschr. 5, 517, 1904.

2) Diese Ztschr. 5, 289, 1904.

3) l. c. S. 168: Die zwei Figuren, S. 103, deren erklärender Text im Anschluss an den letzten Teil der Mitteilung, S. 104, versehentlich ausfiel, bedeuten in natürlicher Grösse die Silhouetten von Abschnitten starken, zur Verpackung lichtempfindlicher Schichte gebräuchlichen matt-

mehr berücksichtigt. Seine Schlussfolgerung, „es scheinen die Versuche deshalb nicht einwandsfrei, weil die photographische Platte geschwärzt sein könnte infolge einer chemischen Wirkung durch den Kontakt Zelle — Aluminium — photographische Platte" wird demnach gegenstandslos: ein solcher Kontakt fand eben nicht statt; zudem liess sich als zu silhouettierendes Material auch ein nichtmetallisches Objekt, z. B. Papier, verwenden.

Nunmehr nach den Berndtschen Ergebnissen mit jenen sehr reinen, namentlich von Seleniden des Elektrodenmaterials freien Selenpräparaten schlechthin auf eine Wirksamkeit eben von Beimischungen zu schliessen, wäre aber wohl verfrüht. Um das stromführende Selenpräparat auf einen etwaigen Emissionseffekt zu prüfen als Reziproke des durch Leitfähigkeitszunahme sich bekundenden Absorptionseffekts, musste ich naturgemäss ein solches Präparat wählen, das diesen letzten Effekt am stärksten zeigte, gleichgültig zunächst wie dasselbe zusammengesetzt sei, während Herr Berndt den Absorptionseffekt als Folgeerscheinung studierend und zwar in Abhängigkeit von der Zusammensetzung, vor allem sein Augenmerk zu richten hatte auf die Verwendung eines wohl definierten Materials. — Demnächst beabsichtige ich zu untersuchen, ob ein hochempfindliches Selenpräparat die Leitfähigkeit eines in seiner Einflusssphäre befindlichen ebensolchen Präparats verändert, wenn es stromführend wird.

schwarzen Papiers, die trapezförmige gewonnen an der Selen tragenden Vorderseite, die rautenförmige an der Rückseite der drahtumwickelten Plakette, beide gleichzeitig während 192 Stunden exponiert; die lichtempfindlichen Schichte waren leicht gekrümmt und lagen, namentlich in der Mitte, nicht unmittelbar an. Das Ergebnis veranlasst eine Ausdehnung der Untersuchung auch auf die Frage, inwiefern das Material der Plakette, Schiefer, die Ursache zur Erscheinung enthalten kann.

Degerloch (Wttbg.), 10. November 1904.

(Eingegangen 11. November 1904.)

Zur Theorie ungedämpfter elektrischer Schwingungen.

Von S. Maisel.

1. Es ist schon seit einigen Jahren bekannt, dass ungedämpfte elektrische Schwingungen erzeugt werden können, nämlich im Falle des von H. Duddell entdeckten singenden Lichtbogens. Ungeachtet vieler über diese höchst interessante Erscheinung gemachter Untersuchungen blieb ihr Mechanismus im Dunkeln. Man darf keinesfalls behaupten, dass die bis jetzt erschienenen Theorien des Singens etwas zur Aufklärung dieser Dunkelheit beigebracht hätten. Auf den ersten Anblick scheint es überhaupt völlig unmöglich, ungedämpfte Schwingungen zu erzeugen: die Energie wird in Form Joulescher Wärme zerstreut und die entstandenen Schwingungen müssen früh oder spät ein Ende nehmen.

Aber die Duddellschen Experimente zeigten, dass ungedämpfte Schwingungen doch existieren. Die Theorien von Duddell[1]), Janet[2]) und Granqvist[3]) nehmen diese Existenz als ein Postulat an und suchen nach einer Ursache, welche die verlorene Energie wieder ersetzen könnte. Diesen Weg, eine Theorie zu bauen, darf man keinesfalls preisen. Man müsste von den gut bekannten, streng bewiesenen Grundeigenschaften des elektrischen Stromes ausgehen und aus ihnen das Vorhandensein ungedämpfter elektrischer Schwingungen ableiten. Das wäre der richtige Weg. Da aber ein ganz entgegengesetzter eingeschlagen wurde, so bekam man ein höchst überraschendes Resultat. Man wusste nämlich nichts von den Eigenschaften des Abzweigungsstromes im Schaltungsschema des singenden Bogens und man nahm der Einfachheit halber an, dass er sinusförmig sei. Daraus folgerten die Theorien von Duddell und Janet, dass $\frac{dv}{di} < 0$ sein soll, wo dv die momentane Änderung der Spannung an Bogenelektroden und di die momentane Änderung des Stromes in demselben sind.

Bei Erfüllung dieser Bedingung im Bogen (also auf Figur 1 im Leiter AB) sollten ungedämpfte Schwingungen entstehen. Auf den ersten Anblick könnte diese Bedingung ganz logisch erscheinen. In der That interpretierte Herr Duddell[4]) dieselbe in dem Sinne, dass ungedämpfte Schwingungen nur in einem Bogen entstehen können und nämlich in einem solchen zwischen Homogenkohlen, in welchem in weiten Grenzen $\frac{dv}{di} < 0$ ist.

Aber das alles kann eben nur auf den ersten Anblick logisch erscheinen. Die Grösse $\frac{dv}{di}$ ist eigentlich gleich dem Widerstande des Leiters AB (siehe Figur 1). Es ist wahr, dass im Bogen diese zwei Grössen (der Widerstand und $\frac{dv}{di}$) nichts Gemeinschaftliches haben, aber bei der Ableitung der Bedingung $\frac{dv}{di} < 0$ haben die Herren Duddell und Janet eben einfache Leiter angenommen, welche dem Ohmschen Gesetze gehorchen. In der Annahme, dass die auf solche Weise theoretisch abgeleitete

1) The Electrician **46**, 269, 1900. (Vergl. Referat in dieser Zeitschr. **2**, 425, 440, 1901.)
2) C. R. **134**, 462 u. 821.
3) Boltzmann-Festschr. 1904, S. 799
4) l. c.

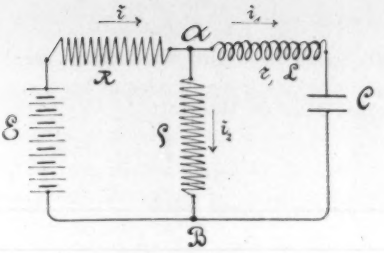


Fig. 1.

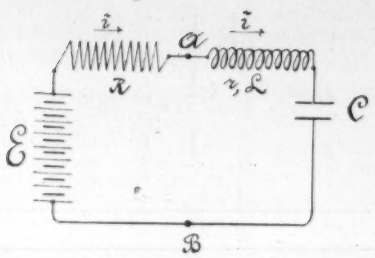


Fig. 2.

Grösse $\frac{dv}{di}$ der Grösse $\frac{dv}{di}$ in einem Bogen entspricht, liegt ein grosser logischer Sprung, welchen aber weder die Autoren der Theorie, noch die übrigen Fachmänner gemerkt haben. — Die Theorie von Duddell und Janet nimmt an, dass die Schwingungen im singenden Lichtbogen ungedämpft nach dem Sinusgesetz verlaufen und sucht nach Ursachen der Ersetzung der während jeder einzelnen Schwingung verloren gehenden Energie. Wäre der Widerstand gleich Null, so wäre überhaupt nichts zu suchen. Aber die Autoren nehmen den Widerstand als von der Null verschieden an. Die Mathematik, richtig angewandt, giebt immer ein logisches Resultat. In diesem Falle hat sie ergeben, dass ein Teil des Widerstandes negativ sein muss. Das ist völlig begreiflich: in dem positiven Teile des Widerstandes wird Energie verloren, in dem negativen — Energie gewonnen. Es hatte einen mathematischen, aber absolut keinen physikalischen Sinn, denn die Grundlagen der Theorie waren falsch.

2. An einer anderen Stelle[1]) zeigte schon der Verfasser, dass diese Theorie, welche a priori nicht richtig sein kann, auch durch die Thatsachen verurteilt wird. Es wurden nämlich von ihm singende Bögen beobachtet, in welchen $\frac{dv}{di} > 0$ war. Auch haben die Untersuchungen des Verfassers und diejenigen von Corbino[2]) gezeigt, dass die Schwingungen im singenden Bogen gar nicht dem harmonischen Gesetze gehorchen. In der erwähnten Arbeit hat der Verfasser in einigen Worten die Theorie angedeutet, durch welche die Existenz ungedämpfter elektrischer Schwingungen erklärt werden könnte. Jetzt möchte er diese Theorie erweitern und mathematisch entwickeln.

Erstens will der Verfasser gar nicht vom Bogen sprechen. Es ist nur ein Zufall, dass die ungedämpften Schwingungen zum ersten Male in dem Bogen beobachtet wurden. Ausserdem bietet sich der Bogen schlecht zu theoretischen Untersuchungen: man weiss von ihm noch zu wenig. Es wird daher ratsamer sein, ihn beiseite zu lassen und die Frage weit breiter zu fassen. — Man nehme daher an, dass ein Stromkreis, wie er auf Figur 1 abgebildet, vorhanden ist. Der Leiter AB sei ein einfacher metallischer Leiter, in dem das Ohmsche Gesetz Anwendung findet, mit dem einzigen Unterschiede von den gewöhnlichen Leitern, dass er den Strom nicht unter allen Umständen zu leiten vermag. Sinkt die Spannung an seinen Enden zu niedrig, so kann der Strom nicht mehr durch ihn gehen, sein Widerstand wächst plötzlich bis zur Unendlichkeit. Dabei kann er zum Leitendwerden einer viel grösseren Spannung gebraucht werden, als diejenige, bei der er zu leiten aufhört. Solch einen Leiter kann man sich leicht vorstellen. Man kann auch die erwähnte Bedingung in die Rechnung einführen, indem man annimmt, dass im Leiter AB eine fiktive gegenelektromotorische Kraft existiert.

3. Nennen wir jetzt: i die momentane Hauptstromstärke; i_1 die momentane Stromstärke im Kondensatorzweig; i_2 dieselbe im Leiter AB; R, r und ϱ die Widerstände resp. die Hauptlinie der Abzweigung und des Leiters AB; C und L resp. die Kapazität und den Selbstinduktionskoeffizienten des Nebenschlusses; E die Spannung der Akkumulatorenbatterie; e die fiktive elektromotorische Gegenkraft im Leiter AB, v den momentanen Wert der Spannung am Kondensator. Weiter führen wir die Bezeichnungen ein:

$$M = r + \frac{R\varrho}{R+\varrho}; \quad \ldots \quad (1)$$

$$\frac{E\varrho + e_m R}{R+\varrho} = E_1, \quad \ldots \quad (2)$$

$$\alpha = -\frac{M}{2L} + \sqrt{\frac{M^2}{4L^2} - \frac{1}{2C}}; \quad \ldots \quad (3)$$

$$\beta = -\frac{M}{2L} - \sqrt{\frac{M^2}{4L^2} - \frac{1}{LC}}; \quad \ldots \quad (4)$$

1) Diese Ztschr. **5**, 550, 1904.
2) Atti della Assoc. Elettrot. Italiana **7**. 597, 1903.

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{M^2}{4L^2}}; \quad \ldots \quad (5)$$

$$\alpha_1 = -\frac{R_1}{2L} + \sqrt{\frac{R_1^2}{4L^2} - \frac{1}{LC}}; \quad \ldots \quad (6)$$

$$\beta_1 = -\frac{R_1}{2L} - \sqrt{\frac{R_1^2}{4L^2} - \frac{1}{LC}}; \quad \ldots \quad (7)$$

$$\eta = \sqrt{\frac{1}{LC} + \frac{R_1^2}{4L^2}}; \quad \ldots \quad (8)$$

$$-R_1 = R + r. \quad \ldots \quad (9)$$

4. Jetzt können wir die Kirchhoffschen Gleichungen anwenden und für jeden Moment schreiben:

$$i = i_1 + i_2 \quad \ldots \quad (I)$$

$$\left.\begin{aligned} i R + i_2 \varrho &= E - e_m \\ -i_2 \varrho + i_1 r &= e_m - v - L \frac{di_1}{dt} \end{aligned}\right| \quad (II)$$

und auch: $$i_1 = C\frac{dv}{dt} \quad \ldots \quad (III)$$

Aus diesen drei Gleichungen bekommt man die Grundgleichung:

$$\frac{d^2v}{dt^2} + \frac{M}{L}\cdot\frac{dv}{dt} + \frac{v}{LC} = \frac{1}{LC}\cdot\frac{E\varrho + e_m R}{R + \varrho} \quad (IV)$$

Das Integral dieser Gleichung ist:

$$v = Ae^{\alpha t} + Be^{\beta t} + E,$$

Wir werden annehmen, dass $\frac{M^2}{4L^2} < \frac{1}{LC}$ ist, und daher das Integral auf die Form bringen:

$$v = [(A + B)\cos \varepsilon t + \sqrt{-1}\,(A - B) \sin \varepsilon t]\, e^{-\frac{M}{2L}t} + E_1.$$

Ermittelt man die Koeffizienten für die Anfangsbedingungen: $v = W$ und $\frac{dv}{dt} = 0$ bei bei $t = 0$, so stellt sich v in der Form dar:

$$v = (E_1 - v)\, e^{-\frac{M}{2L}t}\left| -\cos \varepsilon t - \frac{M}{2L}\sin \varepsilon t \right| + E_1 \quad (V)$$

oder:

$$v = E_1 - \frac{2(E_1 - v)\sqrt{LC}}{\sqrt{4LC - M^2C^2}}\, e^{-\frac{M}{2L}t} \left| \sin\left| \frac{\sqrt{4LC - M^2C^2}}{2LC}\, t + arctg \frac{\sqrt{4\frac{L}{C} - M^2}}{M} \right| \right| \quad (VI)$$

Daraus bekommt man sehr einfach:

$$i_1 = C\frac{dv}{dt} = \frac{E_1 - v}{L\varepsilon}\, e^{-\frac{M}{2L}t} \sin \varepsilon t. \quad (VII)$$

Und weiter:

$$i = \frac{E - e_m}{R + \varrho} + \frac{(E_1 - v)}{R + \varrho}\cdot\varrho\, \frac{e^{-\frac{M}{2L}t}}{L\varepsilon} \sin \varepsilon t \quad (VIII)$$

Die momentane Spannung an den Enden des Leiters AB wird leicht nach der Formel berechnet:

$$w = E_1 - \frac{(E_1 - v)}{L\varepsilon}\cdot\frac{R\varrho}{R + \varrho}\, e^{-\frac{M}{2L}t} \sin \varepsilon t \quad (IX)$$

Die Spannung w wird ein Minimum, wenn die Grösse $e^{-\frac{M}{2L}t} \sin \varepsilon t$ ein Maximum ist. Letzteres geschieht aber im Moment:

$$t = T = \frac{1}{\varepsilon}\, arctg \frac{\sqrt{4\frac{2}{C} - M^2}}{M}. \quad (X)$$

In diesem Moment wird:

$$w_{min} = E_1 - \frac{R\varrho}{R + \varrho}\frac{\sqrt{C}}{\sqrt{L}}(E_1 - v)\cdot e^{-\mu} \quad (XI)$$

wo

$$\mu = \frac{M}{\sqrt{4\frac{L}{C} - M^2}}\, arctg \frac{\sqrt{4\frac{L}{C} - M^2}}{M}.$$

Es kann leicht geschehen, dass $w_{min} \leq e_m$ wird; dann wird der Strom schon nicht mehr durch den Leiter AB gehen können. Wir wollen annehmen, dass in demselben Augenblick auch die fiktive elektromotorische Gegenkraft verschwindet und der Widerstand des Leiters AB von ϱ bis zur Unendlichkeit wächst. Damit diese Erscheinung stattfindet, ist die Bedingung zu erfüllen:

$$\frac{\sqrt{C}}{\sqrt{L}} > \frac{E_1 - e_m}{(E_1 - v)\, R\varrho}\,(R + \varrho)\cdot e^{\mu}. \quad (XII)$$

Es ist leicht zu sehen, dass μ nicht kleiner werden kann als 0 und nicht grösser als 1. Also bekommt man das Verhältnis, bei welchem das Fliessen des Stromes durch AB (in einem gewissen Moment) bedingt aufhört:

$$\frac{\sqrt{C}}{\sqrt{L}} \geq \frac{E - e_m}{(E_1 - v)\, R}\, e. \quad \ldots \quad (XIII)$$

Will man wissen, in welchem Moment $w = e_m$ wird, so muss man die transzendente Gleichung (IX) lösen. Setzt man in Formel (XII) das Gleichheitszeichen ein, so bekommt man die grösste dazu erforderliche Zeit, welche durch Formel (X) gegeben ist.

5. In dem Moment, wenn $w = e_m$ geworden ist, endigt dir erste Phase des Prozesses. Es beginnt jetzt die zweite Phase. Sie wird dadurch charakterisiert, dass der Strom nicht mehr durch den Zweig AB gehen kann; deshalb kann man annehmen, dass dieser Zweig gar nicht existiert und der Stromkreis wird ein einfacher, wie er auf Fig. 2 abgebildet ist. Für diesen Stromkreis bekommt man ganz einfach die Thomsonsche Differentialgleichung:

$$\frac{d^2v}{d\Theta^2} + \frac{R_1}{L}\cdot\frac{dv_1}{d\Theta} + \frac{v_1}{LC} = \frac{E}{LC}. \quad \ldots \quad (XIV)$$

Hier ist v_1 die momentane Spannung am Kondensator, Θ die Zeit, die wieder von der

Null gezählt wird. Bei der Integrierung dieser Gleichung stellen sich wieder zwei Fälle vor: $\frac{R_1^2}{4L^2}$ kann kleiner und grösser sein als $\frac{1}{LC}$. Jetzt müssen beide Teile untersucht werden.

Nehmen wir zuerst den Fall $\frac{1}{LC} > \frac{R_1^2}{4L^2}$ an. Dann ist, wie in der ersten Phase:

$$v_1 = [(A_1 + B_1)\cos\eta\Theta + \sqrt{-1}(A_1 - B_1)\sin\eta\Theta] \, e^{-\frac{R_1}{2L}\Theta} + E.$$

Die Koeffizienten A_1 und B_1 werden hier aber schon aus den Anfangsbedingungen: $v_1 = v_m$ und $\frac{dv_1}{d\Theta} = \frac{i_m}{C}$, bei $\Theta = 0$, ermittelt.

Hier sind: v_m die Spannung am Kondensator in dem Moment, wenn der Leiter AB den Strom zu leiten aufhört; i_m ist die Grösse des Stromes i_1 im Abzweigungskreise in demselben Moment. Die Annahme, dass der Hauptstrom i plötzlich gleich i_m wird, ist dadurch gerechtfertigt, dass in der Hauptleitung keine Selbstinduktion vorhanden ist. — Also bekommt man:

$$v_1 = \left.\begin{aligned} &(E - v_m)\left[-\cos\eta\Theta - \frac{R_1}{2L\eta}\sin\eta\Theta\right] \\ &e^{-\frac{R_1}{2L}\Theta} + \frac{i_m}{C\eta}\sin\eta\Theta \cdot e^{-\frac{R_1}{2L}\Theta} + E \end{aligned}\right| \quad \text{(XV)}$$

oder:

$$v_1 = E - \left.\begin{aligned} &\sqrt{\left[\frac{(E-v_m)R_1}{2L\eta} - \frac{i_m}{C\eta}\right]^2 + (E-v_m)^2} \\ &\sin\left[\eta\Theta + arctg\frac{E-v_m}{\frac{(E-v_m)R_1}{2L\eta} - \frac{i_m}{C\eta}}\right] \\ &e^{-\frac{R_1}{2L}\Theta} \end{aligned}\right| \quad \text{(XVI)}$$

Und:

$$i = C\frac{dv_1}{dt} = e^{-\frac{R_1}{2L}\Theta}\left|\begin{aligned} &\left(\frac{E-v_m}{L\eta} - \frac{R_1 i_m}{2L\eta}\right) \\ &\sin\eta\Theta + i_m\cos\eta\Theta \end{aligned}\right| \quad \text{(XVII)}$$

oder:

$$i = \left.\begin{aligned} &\sqrt{i^2{}_m + \left(\frac{E-v_m}{L\eta} - \frac{R_1 i_m}{2L\eta}\right)^2} \\ &\sin\left[\eta\Theta + arctg^m \frac{2L\eta}{2\frac{E-v}{i_m} - R_1}\right] \\ &e^{-\frac{R_1}{2L}\Theta} \end{aligned}\right| \quad \text{(XVIII)}$$

Also wird der Kondensator sich weiter laden und zwar, wie gezeigt wird, vielleicht bis zu einer Spannung, die die Spannung der Batterie bei weitem übertreffen kann. — Aber zur selben Zeit, als sich der Kondensator lädt, wächst die Spannung an den Enden des Leiters AB. In einem gewissen Augenblick muss die Spannung sich so hoch erheben, dass der Leiter AB wieder den Strom durchzulassen beginnt. Um den Moment zu berechnen, in welchem diese Erscheinung stattfinden wird, muss man die transzendente Gleichung lösen:

$$w_\Theta = E - Re^{-\frac{R_1}{2L}\Theta}\left|\begin{aligned} &\sqrt{i^2{}_m + \left(\frac{E-v_m}{L\eta} - \frac{R_1 i_m}{2L\eta}\right)^2} \\ &\sin\left[\eta\Theta + arctg\frac{2L\eta}{2\frac{E-v_m}{i_m} - R_1}\right] \end{aligned}\right| \quad \text{(XIX)}$$

Im allgemeinen wird man (wie oben gesagt) annehmen müssen, dass die Spannung, bei welcher das Leiten des Zweiges AB anfängt, $w_\Theta > e_m$ sein wird. Als einen Grenzfall kann man annehmen, dass $w_\Theta = E$. Nimmt man dieses an, so bekommt man den grössten Wert für die Dauer der zweiten Phase:

$$\Theta = \frac{1}{\eta}\left(\pi - arctg\frac{2L\eta}{2\frac{E-v_m}{i_m} - R_1}\right) \quad \text{(XX)}$$

Dementsprechend kann man auch die grösstmögliche Spannung am Kondensator berechnen:

$$v'_{max} = E + \frac{2e^{-\gamma}}{dv}\left[\frac{L}{C}i_m + \frac{(E-v_m)^2}{i_m} - R_1(E-v_m)\right] \quad \text{(XXI)}$$

wo:

$$\gamma = \frac{R}{2L\eta}\left(\pi - arctg\frac{2L\eta}{2\frac{E-v_m}{i_m} - R_1}\right)$$

und

$$N = \sqrt{2L^2\eta^2 + \left(2\frac{E-v_m}{i_m} - R_1\right)^2}.$$

Nimmt man den zweiten Fall an, d. h.: $\frac{1}{LC} < \frac{R_1^2}{4L^2}$, so wird das Integral der Gleichung (XIV):

$$v_1 = D_1 e^{\beta_1\Theta} + D_2 e^{\beta_1\Theta} + E.$$

Die Konstanten D_1 und L_2 werden aus den Bedingungen ermittelt, dass $v_1 = v_m$ und $\frac{dv_1}{d\Theta} = \frac{i_m}{C}$ bei $\Theta = 0$. Daraus folgt:

$$D_1 = \left|\begin{aligned} &\frac{(v_m - E)\beta_1 - \frac{i_m}{C}}{\beta_1 - \alpha_1} \\ &\frac{(v_m - E)\alpha_1 - \frac{i_m}{C}}{\beta_1 - \alpha_1} \end{aligned}\right| \quad \text{(XXII)}$$

$$D_2 = -$$

Also:

$$v_1 = e^{-\frac{R_1}{2L}\Theta}\left|\begin{aligned} &-\left[(E-v_m)\left(\frac{R_1}{2L} + \delta\right)\right. \\ &\left.-\frac{i_m}{C}\right]e^{\delta\Theta} + \left[(E-v_m)\left(\frac{R_1}{2L} + \delta\right) - \frac{i_m}{C}\right] \\ &e^{-\delta\Theta}] + E \end{aligned}\right| \quad \text{(XXIII)}$$

Und:

$$i = C\frac{dv}{d\Theta} = e^{-\frac{R_1}{2L}\Theta}\left|\left|\frac{E - v_m}{L} - i_m\left(\frac{R_1}{2L} - \delta\right)\right| e^{\delta\Theta} - \left|\left(\frac{E - v_m}{L} - i_m\left(\frac{R_1}{2L} + \delta\right)\right)\right| e^{-\delta\Theta}\right| \quad \text{(XXIV)}$$

wo

$$\delta = \sqrt{\frac{R_1}{4L^2} - \frac{1}{LC}}.$$

Nach diesen Formeln ist es wieder möglich, den Moment Θ zu berechnen, bei welchem die Spannung am Leiter AB gross genug wird, um in ihm den Strom wieder herzustellen.

Jedenfalls wird das erwähnte Leitendwerden des Zweiges AB in beiden betrachteten Fällen eintreffen, wenn nur die dazu erforderliche kritische Spannung die Batteriespannung nicht übertrifft.

6. Wenn aber das geschehen ist, so beginnt die dritte Phase der Erscheinung: der Kondensator entlädt sich durch den in Fig. 1 abgebildeten Stromkreis nach der Differentialgleichung:

$$\frac{d^2U}{ds^2} + \frac{M}{L}\cdot\frac{dU}{ds} + \frac{U}{2C} + \frac{E_1}{LC}. \quad \text{(XXV)}$$

Hier ist U die Kondensatorspannung und S die Zeit, welche wieder von der Null gezählt wird. Bei der Integrierung dieser Gleichung ist der Umstand zu berücksichtigen, dass der Strom in der Abzweigung die Ladung des Kondensators eventuell vorsetzen kann (wenn die kritische Spannung für den Zweig AB kleiner als die Batteriespannung ist) und daher die Anfangsbedingungen einzusetzen sind: $U = U_m$ und $\frac{dU}{ds} = -\frac{j}{C}$, bei $s = 0$. So bekommt man:

$$U = (U_m - E_1)e^{-\frac{M}{2L}s}\left|\cos\varepsilon\varsigma + \frac{M}{2L\varepsilon}\sin\varepsilon\varsigma\right| - \frac{j}{C\varepsilon}\sin\varepsilon\varsigma\cdot e^{-\frac{M}{2L}s} + E_1 = E_1 + \sqrt{(U_m - E_1)^2 + \left[\frac{(U_m - E_1)M}{2L\varepsilon} - \frac{j}{C\varepsilon}\right]^2}\, e^{-\frac{M}{2L}s}\sin\left|\varepsilon\varsigma + arctg\frac{U_m - E_1}{\frac{(U_m - E_1)M}{2L\varepsilon} - \frac{j}{C\varepsilon}}\right| \quad \text{(XXVI)}$$

Und:

$$i_1 = e^{-\frac{M}{2L}s}\left[\left(\frac{2L\varepsilon}{Mj} - \frac{U_m - E_1}{L\varepsilon}\right)\sin\varepsilon\varsigma - \cos\varepsilon\varsigma = \sqrt{\left(\frac{Mj}{2L\varepsilon} - \frac{U_m - E_1}{L\varepsilon}\right)^2 + j^2}\, e^{-\frac{M}{2L}s}\sin\left|\varepsilon\varsigma - arctg\frac{2L\varepsilon}{M - 2\frac{U_m - E_1}{j}}\right|\right| \quad \text{(XXVII)}$$

Zuerst lädt sich der Kondensator bis zur Maximalspannung, welche in der Zeit:

$$S = \frac{1}{\varepsilon}\, arctg\frac{2L\varepsilon}{M - 2\frac{U_m - E_1}{j}} \quad \text{(XXVIII)}$$

erreicht wird. Dann vollzieht sich die Entladung, welche ihr Ende nach der Zeit:

$$S' = S + \frac{\pi}{\varepsilon} \quad . \quad . \quad . \quad \text{(XXIX)}$$

nimmt. In diesem Moment erreicht der Kondensator seine minimale Spannung. Ist sie gleich v (der Anfangsspannung), so muss augenscheinlich die Ladung von neuem anfangen, wieder das „Nichtleiten" des Zweiges AB eintreten u. s. w. — Aber es ist fraglich, ob die zum Schluss der dritten Phase auf den Belegungen des Kondensators entstandene Spannung gleich v sein kann. Bezeichnet man mit U_{max} die maximale Kondensatorspannung, welche leicht nach Formel (XXVI) berechnet werden kann, indem man s aus Formel (XXVII) nimmt (Grenzfall wird $U_{max} = v_{max}$ sein, in Formel XXI), so bekommt man sehr einfach die Bedingung:

$$v > E_1 - (U_{Max} - E_1)\, e^{-\frac{M\pi}{2L\varepsilon}}. \quad \text{(XXX)}$$

Es ist ohne weiteres einzusehen, dass diese Bedingung erfüllt werden kann. Wählt man in Formel (XXX) das Gleichheitszeichen, so wird das heissen, dass die Schwingungen gleich vom Anfang an einen normalen Verlauf bekommen. Steht aber in ihr das Ungleichheitszeichen, so ist eine gewisse Zeit erforderlich, bis das normale Behalten der Schwingungen eintreten wird. In diesem Aufsatze möchte der Verfasser nicht bei diesem Einstellungsprozess länger verweilen, denn seine Betrachtung ist etwas verwickelt und bietet kein besonderes Interesse: er behält sich vor, diese Frage und die ganze dazu gehörige Theorie, wenn es nötig sein wird, weiter zu entwickeln. Jedermann kann sich aber von der Anwesenheit einer solchen Einstellungsperiode aus der genauen Betrachtung der Formeln (VI), (VII), (XVI), (XVIII) und (XXV) überzeugen.

7. Alles Gesagte zusammenfassend, kann man das folgende Bild der Entstehung ungedämpfter elektrischer Schwingungen aufzeichnen. Nimmt man an, dass es für den Leiter AB (Fig. 1) eine Minimalspannung zur Stromdurchführung giebt, und ist im Stromkreise die Bedingung (XIII) erfüllt, so entsteht während des Ladens im Kondensator eine Unstetigkeit im Stromkreise, die das Überladen des Kondensators bewirkt. Infolgedessen wird dem Kondensator während der Ladung so viel Energie von dem Stromerzeuger zugeführt, dass bei der zunächst eintretenden Entladung durch das erste Schaltungsschema die Spannung am Konden-

sator viel niedriger sinkt, als es bei einem stetigen Stromkreise der Fall wäre. Ist die dabei entstehende Minimalspannung noch zu hoch, um die Bedingung (XXX) zu erfüllen, so werden die Schwingungen mehr oder minder schnell abklingen. Wird aber die Bedingung (XXX) erfüllt, so können die einmal entstandenen Schwingungen nicht mehr aufhören. Im Falle des Gleichheitszeichens werden sie sofort mit einer normalen Amplitude einsetzen und so lange dauern, als der Stromerzeuger Energie liefert; im Falle des Ungleichheitszeichens wird es eine Einstellungsperiode geben, nach deren Abfliessung die Schwingungen wieder unendlich lange existieren können. — Das Rätsel ungedämpfter Schwingungen kann so erklärt werden, ohne Zuhilferufung metaphysischer Prinzipien. Die Energie der Schwingungen wird nicht neu geschaffen, sondern von der Batterie geliefert. In jeder Phase einer einzelnen Schwingung giebt es eine Dämpfung und sogar eine recht starke. Aber die eintretende Unstetigkeit des Stromkreises erlaubt die von der Batterie gelieferte Energie völlig auszunutzen und die Verluste zu decken. — Die Theorie ungedämpfter Schwingungen ist in vorstehender Mitteilung nur leicht skizziert. Die hier berührte Frage ist eine ganz neue, für welche Antezedente fehlen. Darum behält sich der Verfasser vor, auf die Erweiterungen und experimentellen Beweise noch zurückzukommen. — Jedenfalls sei es aber gestattet, auf folgendes kurz hinzudeuten. Auf Grund oben entwickelter Formeln kann man die Strom- und Spannungskurven im Leiter AB aufzeichnen. Solche Kurven wurden gezeichnet und es ergab sich, dass die Stromkurve sehr nahe mit der experimentell im singenden Bogen gefundenen Kurve übereinstimmte. Was die Spannungskurven in den beiden Fällen betrifft, so waren sie bedeutend voneinander verschieden. Das ist auch leicht aus den Eigenschaften des Bogens verständlich. — Die Formel (XIII) bietet die Möglichkeit, das Verhältnis zwischen der Kapazität und der Selbstinduktion im Abzweigungskreise zu berechnen. Es ist merkwürdig, dass beim Einsetzen in Formel (XIII) der Strombedingungen im singenden Bogen dasselbe Verhältnis berechnet wurde, welches von H. Duddell auf experimentelle Weise gefunden wurde.

Universität St. Petersburg, Physikalisches Institut.

(Eingegangen 26. November 1904.)

Über die Bezeichnungsweise der Empfindlichkeit eines Galvanometers.

Von Max Iklé.

Es ist im allgemeinen üblich, die Empfindlichkeit eines Galvanometers in der Weise zu bezeichnen, dass man unter Nennung des Skalenabstandes und des Widerstandes angiebt, welchem Bruchteil eines Ampère bezw. eines Coulomb (in negativen Potenzen von 10 ausgedrückt) ein Ausschlag des Instruments von 1 mm entspricht.

Mag diese Methode vielleicht auch in mancher Hinsicht Vorteile aufweisen, so hat sie doch entschieden den Fehler, unlogisch zu sein, da hier die grössere Empfindlichkeit durch die kleinere Zahl bezeichnet wird und umgekehrt. Die Empfindlichkeit einer Wage bei einer bestimmten Belastung pflegt man dagegen durch den Ausschlag anzugeben, welchen bei dieser Belastung ein Übergewicht von 1 mg hervorbringt. Hier wird also die grössere Empfindlichkeit auch durch die grössere Zahl bezeichnet, und ähnlich ist es in anderen Fällen.

Schon der Analogie wegen dürfte sich ein Verlassen der für die Angabe von Galvanometerempfindlichkeiten üblichen Methode empfehlen.

Nun haben bereits vor einigen Jahren die Herren H. du Bois und H. Rubens[1]) in Übereinstimmung mit den Herren W. E. Ayrton, T. Mather und W. E. Sumpner[2]) eine Bezeichnungsweise für die Empfindlichkeit von Galvanometern in Vorschlag gebracht, welche der für die Wage üblichen analog und von dem eingangs erwähnten Widerspruch frei ist. Diese Methode, welche Herr du Bois auf der Düsseldorfer Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte im Jahre 1898 vor der Abteilung für Physik vortrug, fand weder daselbst noch späterhin irgendwelchen Widerspruch. Trotzdem ist sie im allgemeinen nicht zur Anwendung gelangt, was vielleicht aus dem Umstand zu erklären sein dürfte, dass sie nicht in einer selbständigen Veröffentlichung, sondern nur im Zusammenhang einer grösseren Arbeit erschienen ist. Es dürfte sich daher wohl lohnen, die von den genannten Herren gegebene Definition hier zu wiederholen.

Dieselbe lautet:

Die Stromempfindlichkeit S_v ist die dauernde Ablenkung in Skalenteilen pro Mikroampère, wenn der Skalenabstand 1000 Teile, die (volle $\sim$) Periode 10 Sek. beträgt.

Die ballistische Empfindlichkeit S_b ist der Ausschlag in Skalenteilen pro Mikrocoulomb, wenn der Skalenabstand 1000 Teile, die (volle $\sim$) Periode 10 Sek. beträgt.

Der Widerstand R der Spulen wird eliminiert durch die Einführung der normalen Empfindlichkeit $\mathfrak{S}$ eines Galvanometers vom

1) H. du Bois und H. Rubens, Ann. d. Phys. (4) **2**, 84—95, 1900.

2) W. E. Ayrton, T. Mather, W. E. Sumpner, Phil. Mag. (5) **30**, 58—95, 1890 und (5) **46**, 350—379, 1898.

Gesamtwiderstand 1 Ohm, definiert durch die Gleichungen

$$\mathfrak{S}_s = \frac{S_s}{\sqrt{R}} \text{ und } \mathfrak{S}_b = \frac{S}{\sqrt{R}}.$$

Die jetzt im allgemeinen als Galvanometerempfindlichkeit angeführte Grösse, also

$$\frac{1}{S} \cdot 10^{-6},$$

dürfte richtiger als „Skalenwert" oder „Konstante" des Instruments bezeichnet werden.

Vielleicht vermögen diese Zeilen, der logischeren Bezeichnungsweise für die Galvanometerempfindlichkeit zu grösserer Verbreitung zu verhelfen.

Charlottenburg, den 8. Dezember 1904.

(Eingegangen 13. Dezember 1904.)

Magnetostriktion.

(Entgegnung an Herrn Shizuwo Sano.[1])

Von A. Heydweiller.

Herr Sano bemängelt meine Ableitung der Formeln, welche die Beziehungen angeben zwischen den Änderungen der Länge oder des Elastizitätsmoduls ferromagnetischer Substanzen durch Magnetisierung und der Änderung des Magnetismus durch longitudinale Kräfte[2]); er leitet selbst auf anderem Wege dieselben Beziehungen ab, ohne den Widerspruch aufzuklären, wie es möglich ist, aus einem angeblich falschen Ansatz durch richtige Rechnung zu richtigen Ergebnissen zu kommen.

Sein Einwand gründet sich auf die Unvereinbarkeit von zwei Gleichungen (Formel [9]) und die auf Formel (11) folgende Gleichung auf S. 814), die aus seinen und meinen Annahmen folgen sollen. Es ist mir aber völlig dunkel geblieben, wie diese Gleichungen aus den vorhergehenden abgeleitet sind, und dieses Dunkel wird auch nicht erhellt durch die im englischen Original der Formel 9 vorhergehende Bemerkung, die in der Übersetzung fehlt: „Hence since $\mathfrak{B} = \mathfrak{B}' = H'$ by the assumption," eine Bemerkung, die unmöglich richtig sein kann, da $\mathfrak{B}$ die magnetische Induktion in der ferromagnetischen Substanz, $\mathfrak{B}'$ diejenige in der unmagnetischen Umgebung bedeuten sollen.

Meines Erachtens sind beide angeführte Gleichungen unrichtig, und der von Herrn Sano behauptete Widerspruch zwischen unseren Ansätzen ist in Wirklichkeit (von praktisch zu vernachlässigenden Gliedern abgesehen) gar nicht vorhanden.

Ich möchte noch erwähnen, dass es nicht meine Absicht war, eine vollständige Theorie der erwähnten Erscheinungen zu geben, eine solche scheitert, wie auch Herr Sano bemerkte, an der Schwierigkeit, die auftretenden irreversiblen Erscheinungen zu berücksichtigen, sondern nur eine Unterlage für Versuche zu schaffen unter Vernachlässigung unmessbarer Grössen.

Münster, Physik. Inst. d. Universität, Dez. 1904.

(Eingegangen 17. Dezember 1904.)

1) S. Sano, diese Zeitschr. **5**, 812, 1904.
2) A. Heydweiller, Ann. d. Phys. **12**, 602, 1903.

Der Joule-Thomson-Effekt in Kohlensäure.

Von F. E. Kester.

Seit den Bestimmungen von Joule und Thomson[1]) in den Jahren 1853/54, bei denen die Thomsonsche Abänderung der ursprünglichen Jouleschen Methode (zwei verbundene Behälter im Kalorimeter) zur Verwendung kam, sind fünf verschiedene experimentelle Untersuchungen über die von einem expandierenden Gas oder Dampf verrichtete Arbeit veröffentlicht worden. Hirn[2]) nahm seine Beobachtungen an gesättigtem und unerhitztem Dampf bei zwischen 2 und 15 Atmosphären variierenden Drucken vor; er benutzte eine kleine Öffnung, durch die der Dampf von verschiedenen Drucken auf Atmosphärendruck expandierte; so ist dies die erste von Joule und Thomsen benutzte Methode. Cazin[3]) benutzte, wenn auch nur indirekt, die Joulesche Originalmethode der beiden Flaschen; anstatt eine Messung der Temperaturen vor und nach der Expansion vorzunehmen, mass er die Drucke in den beiden Flaschen, zunächst wenn diese miteinander verbunden waren und sich auf derselben Temperatur befanden, weiterhin, nachdem ein Teil des Gases von dem einen Behälter nach dem andern gepumpt worden war und beide auf die Anfangstemperatur gebracht worden waren, und drittens zu verschiedenen Zeiten nach Öffnen der grossen sie verbindenden Sperrhähne; aus diesen Druckdaten berechnete er die Temperaturveränderung des Gases. Er beschäftigte sich mit Luft, CO_2 und H_2.

E. Natanson[4]) gab in seiner nach der Methode des porösen Pflocks ausgeführten Arbeit die Ergebnisse seiner Versuche an CO_2 bei Zimmertemperatur und bei zwischen 1,5 und 25 Atm. variierenden Drucken. Er wies darauf hin,

1) Joule und Thomson, Phil. Trans. **144**, 349, 1853; **152**, 579 1854; Thomson, Math. and Phys. Papers I, 333; Joule, Scientific Papers **2**, 216.
2) G. A. Hirn, Théorie méch. de la chaleur, 3. éd., **1**, II, 387.
3) A. Cazin, Ann. de Chim. et de Phys. [4], Tome 19, p. 5, **19**, 1870.
4) E. Natanson, Wied. Ann. **31**, 502, 1887.

wie wünschenswert es wäre, die Versuche an CO_2 zu wiederholen, weil die Ergebnisse von Joule und Thomson an unreinen Gasen erzielt worden wären; ausserdem wären die benutzten Drucke derartig gewesen, dass sich nach den Ergebnissen keine Entscheidung treffen liesse, ob der Abkühlungseffekt vom Drucke abhängig ist oder nicht. Witkowski[1]) hat eine Bestimmung des Erkaltungseffekts bei Luft ausgeführt und dabei eine Reihe poröser Stopfen verwandt, die er über eine Röhre von beträchtlicher Länge verteilte. Schliesslich führte im Jahre 1902 Olszewski[2]) seine bekannte Bestimmung der Temperatur aus, bei welcher der Joule-Thomson-Effekt in Wasserstoff von positiven zu negativen Werten übergeht.

Zahlreiche theoretische Diskussionen der Ergebnisse der einzelnen Forscher sind veröffentlicht worden; diejenigen, welche entweder auf die Ableitung einer charakteristischen Gleichung oder auf das Auffinden des Gesetzes der intermolekularen Anziehung abzielten, haben darauf hingewiesen, wie wünschenswert eine Wiederholung der Bestimmungen an einigen der Gase sein würde, weil bei denselben die Abhängigkeit des Abkühlungseffektes von der Temperatur noch nicht recht sicher bekannt wäre.

Der in vorliegender Arbeit beschriebene Apparat wurde während der beiden letzten Semester in dem Physikalischen Institut der Universität Göttingen unter Leitung von Herrn Prof. Voigt aufgebaut. Ich beabsichtigte, die Versuche an CO_2 bei verschiedenen Temperaturen und Drucken zu wiederholen. Infolge von Zeitmangel konnte ich jedoch diesen Plan nicht durchführen; die in vorliegender Arbeit angegebenen Resultate wurden bei Zimmertemperatur und bei zwischen 5 und 39 Atm. variierenden Drucken erhalten.

Ich möchte Herrn Prof. Voigt und Herrn Dr. Bose meinen aufrichtigen Dank für ihre wertvollen Ratschläge und für die mir bei dieser Arbeit stets freundlich erteilten Anweisungen aussprechen.

Der Apparat. Die allgemeine Anordnung des in Fig. 1 dargestellten Apparates war der von Joule und Thomson und später von Natanson angewandten ähnlich; die wichtigste Änderung war die, dass ich Thermoelemente an Stelle von Thermometern für die Temperaturmessungen verwandte. Diese Abänderung nahm ich auf den Rat von Herrn Professor Voigt vor.

Das Gas wurde aus den gewöhnlichen CO_2-Cylindern erhalten. Für die zur Rechnung weiterhin einzig verwendeten Versuche stammte das Gas aus dem Herster Werk der Kohlensäure-Werke C. H. Rommenköller, A.-G., Berlin. Dieses Gas weist nach Untersuchungen von Prof. J. König, Münster, einen Reingehalt von 99,84%, nach Analysen von Dr. W. Lohmann einen solchen von 99,68% auf. Der Rest ist beigemengte Luft. Der jeweilig benutzte Cylinder wurde in ein Wasserbad getaucht,

1) A. W. Witkowski, Rozprawy der Krakauer Akademie, math.-naturw. Klasse **35**, 282, 1898.
2) K. Olszewski, Ann. d. Phys. **7**, 1902.

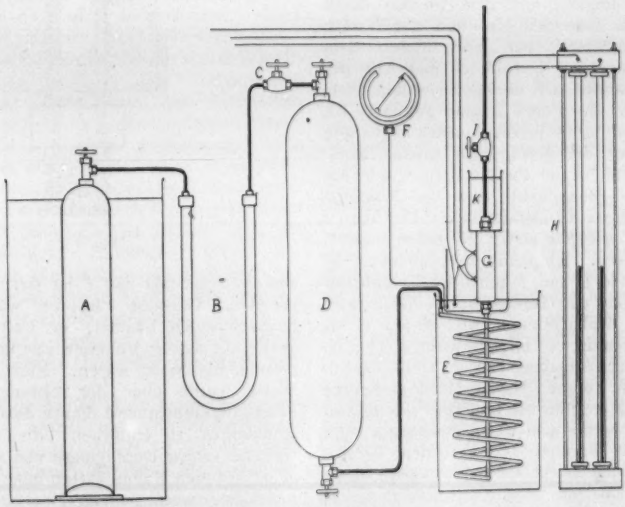


Fig. 1.

um die Temperatur des flüssigen CO_2 (und demgemäss den Dampfdruck) so nahe wie möglich konstant zu erhalten. Vom Cylinder aus floss das Gas in die Trockenröhre D, welche aus einem Stück Perkinsschen Druckrohres von 23 mm innerem Durchmesser und 1,5 m Länge bestand, das mit Calciumchlorid gefüllt war. Das Nadelventil C war mit einer konischen „Nadel" von ungefähr 3 mm Durchmesser im Mittelwerte versehen. Der Starkdruckcylinder D von ungefähr 37 Liter Kapazität diente als Druckausgleicher. Er wurde für einen anderen Zweck nach dem Institut gebracht, aber infolge seines grossen Volumens und der beiden Ventile, mit denen er versehen war, stellte er eine vorzügliche Ausgleichkammer dar. Um ihn in dieser Weise zu benutzen, wurde das Nadelventil vorn und nicht hinten angebracht, wie in dem Natansonschen Apparate. Unmittelbar bevor das Gas durch den porösen Stopfen hindurchpassierte, strömte es durch die Spirale aus Kupferrohr E, die in ein Wasserbad tauchte. Die Röhre hatte 6 mm inneren Durchmesser und 4 m Länge. Das Manometer F war in Kilogramm pro qcm eingeteilt und reichte von 5 bis 150 Kilogramm pro qcm. Der poröse Stopfen wurde innerhalb des Hartgummistückes G eingeklemmt, dessen Einzelheiten aus Fig. 2 ersichtlich sind. H ist das Druckdifferenz-Quecksilbermanometer; die einzelnen Glasröhren hatten je etwa 4 mm inneren Durchmesser und 1,4 m Länge. Schliesslich passierte das Gas durch das zweite Nadelventil I, dessen Einstellung nach dem Herstellen eines gewissen Druckes innerhalb des Apparates die Geschwindigkeit, mit der das Gas durch den Stopfen hindurchfloss, und daher auch die Druckdifferenz vor und hinter dem Stopfen bestimmte. Der Druck innerhalb des Apparates wurde auf den gewünschten Wert gebracht und das Ventil I dann geöffnet, bis die von dem Quecksilbermanometer angezeigte Druckdifferenz die gewünschte Grösse angenommen hatte; in der Zwischenzeit wurde das Ventil C so gehandhabt, dass die Ablesung des Manometers F konstant blieb. Der Wert I wurde nach erfolgter erster Einstellung unverändert gelassen. Ich fand, dass, nachdem die beiden Ventile C und I konstante Temperatur erreicht hatten, der Gasfluss sehr konstant war; bei einigen Beobachtungen war es nur 1- bis 2 mal notwendig, C infolge geringer Veränderungen der Angaben von F wieder einzustellen. Die obere hohle Messingschraube (M in Fig. 2) reichte bis ungefähr 1,5 cm von der oberen thermischen Verbindungsstelle, und da sie durch Wärmeleitung nach dem Ventil I eine Abkühlung erfuhr (letzteres wurde durch die Expansion des darin enthaltenen Gases abgekühlt), wurde die Lötstelle durch die Strahlung beeinflusst und trat Wärmeleitung durch das Gas von der Lötstelle nach dem Messingstück ein. Um dies zu vermeiden, wurde ein Wasserbad K um die Schraube herum angebracht, um dieselbe so nahe wie möglich auf der Temperatur des den porösen Stopfen verlassenden Gases zu erhalten.

In Fig. 2 ist L Hartgummi, MM Messing, N Buchsbaumholz; OO sind perforierte Platten

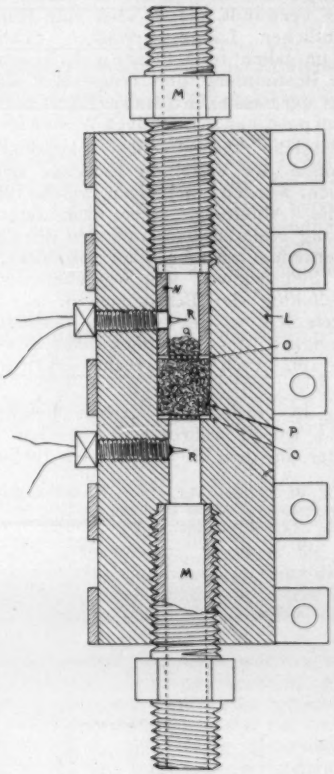


Fig. 2.

aus dünnem Stahl und P ist der poröse Wattepfropfen. Derselbe Pfropfen wurde für alle Beobachtungen benutzt; er bestand aus 4 g Watte, die auf ein Volumen von ungefähr 7 ccm zusammengedrückt waren. Eine kleine Menge Watte wurde über der oberen perforierten Platte angebracht und diente dazu, alle Seitenströmungen zu entfernen, die etwa in dem Gase bei seinem Durchgange von den Öffnungen in den oberen Raum hätten entstehen können. 5 Stahlringe wurden um das Hartgummistück festgeklemmt, um eine allmähliche Ausdehnung des-

selben bei der Einwirkung von Druck zu verhindern. Die beiden thermoelektrischen Verbindungsstellen *RR*, welche zum Messen der Temperaturdifferenz des Gases vor und hinter dem Pfropfen dienten, wurden in Schraubenpfropfen aus Hartgummi vermittels Bleiglätte eingekittet. Da dieser Kitt in hartem Zustande porös ist, mussten die inneren Enden der Pfropfen mit Siegellack gedichtet werden. Die dritte Verbindungsstelle (in Fig. 1 an Ort und Stelle dargestellt) war mit einem Schellacküberzug geschützt und in ein dünnes mit Quecksilber gefülltes Glasrohr eingeführt. Zusammen mit der unterhalb des Stopfens befindlichen Lötstelle diente dieselbe zur Messung der Temperaturdifferenz des Gases und des Bades; da die Badtemperatur vermittels eines Thermometers bestimmt wurde, war auch die Gastemperatur bekannt.

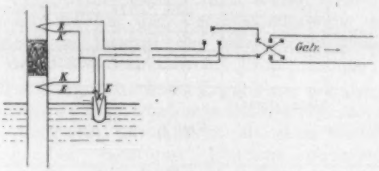


Fig. 3.

Die elektrischen Verbindungen, mit denen die drei Lötstellen paarweise verbunden waren, sind in Fig. 3 schematisch dargestellt. Die Kommutatoren waren von der durch Onnes[1]) beschriebenen Form, bei der die Arbeitskontakte zwischen Quecksilber liegen. Eine Abänderung wurde an diesen Teilen vorgenommen, durch die man alle Kupfer-Quecksilberverbindungsstellen zusammenbringen und mit einem Wasserbade umgeben konnte. Die Verbindungen zwischen den Eisendrähten der thermischen Verbindungsstellen und den kupfernen Stromleitungsdrähten wurden zusammengebracht, isoliert und in ein Quecksilberbad eingetaucht.

Kalibrierung. Kontrolle. Fehlerquellen. Das grosse Manometer *F* wurde in der Reichssanstalt innerhalb des bei den Versuchen benutzten Bereiches kalibriert. Durch verschiedene nach Aufstellung des Apparates gemachte Versuche fand ich, dass der Apparat mit Leichtigkeit eine Veränderung von $^1/_{20}$ kg angeben würde, wenn er zur Verhinderung eines Steckenbleibens fortwährend leicht geklopft würde.

Beim Kalibrieren der Thermoelemente und des Galvanometers wurde das Normalthermometer des Institutes benutzt; dieses war ebenfalls in der Reichsanstalt geprüft worden. Die Skala derselben ist in Zehntelgrade eingeteilt; bei Benutzung einer Lupe konnte man bis auf Hundertstel ablesen. Das andere benutzte Thermometer war gleichfalls in Zehntelgrade eingeteilt und wurde häufig mit dem Normalthermometer verglichen. Da während des Kalibrierens der Thermoelemente zahlreiche Ablesungen gemacht wurden, die sich über verschiedene Temperaturdifferenzbereiche erstreckten, war der wahrscheinliche Fehler beträchtlich kleiner als 0,01° C., nämlich zwischen 0,003° und 0,004°. Während des Kalibrierens dieses Apparatteiles wurde ein Vergleich der Eisen-Konstantan-Elemente mit einem Blei-Kupfer-Element vorgenommen und mit diesem letzteren die Empfindlichkeit des Galvanometers nach dem Schlusse jeder Beobachtungsreihe geprüft. Blei und Kupfer kamen hier zur Verwendung, weil verhältnismässig grosse Temperaturunterschiede benutzt werden konnten, womit dieser Teil der Arbeit leichter und genauer wurde.

Bei allen Beobachtungen wurden direkte Ablenkungen des Galvanometers benutzt. Die Empfindlichkeit desselben war so gross, dass eine Temperaturdifferenz von 1° C. zwischen den beiden Verbindungsstellen eines Eisen-Konstantan-Elementes einen Ausschlag von 56—58 cm ergab. Millimeter liessen sich auf der Skala leicht ablesen, so dass die kleinste Ablesung dieses Apparatteiles etwa 0,002° C. entsprach.

Die Quecksilbermanometerskala konnte mit Sicherheit bis auf 0,2 mm abgelesen werden; da aber die Druckdifferenz vor und hinter dem porösen Pfropfen stets angenähert 1 Atm. betrug, und da die Kalibrierungsfehler bei den Thermoelementen verhältnismässig bedeutend waren, wurden die Druckdifferenzen nur bis auf ganze Millimeter abgelesen.

Da die Methode der direkten Galvanometer-Ablesungen benutzt wurde, wurden Fehler, die von der Widerstandsveränderung des Stromkreises mit Veränderungen der Zimmertemperatur herrührten, in die Beobachtungen gebracht.

Fehler traten auch infolge des Wärmeaustausches zwischen der umgebenden Luft und dem Gase, bei dessen Durchgang durch das Hartgummistück *D* auf. Diese wurden auf ein Minimum (höchstwahrscheinlich auf einen verschwindenden Betrag) reduziert, indem man das Stück *G* in Watte einhüllte und dann die Temperatur des Bades *E* sehr angenähert um 0,6° über der Temperatur der Zimmerluft erhielt. Da die Temperaturabnahme des Gases sich stets in der Nähe von 1,2° hielt, betrug seine Temperatur nach Verlassen des Stopfens angenähert 0,6° unterhalb der der Aussenluft. Auf diese Weise wurde der Wärmebetrag, den das Gas bei seinem Übergange zwischen der

1) H. K. Onnes, Communications from Phys. Lab., Univ. of Leiden, **27**, 89.

unteren Verbindungsstelle und dem porösen Stopfen abgab, sehr angenähert derjenigen gleichgemacht, welche es zwischen dem Stopfen und der oberen Verbindungsstelle erhielt.

Der von dem Wärmefluss um den Stopfen herum durch die Masse des Hartgummistückes herrührende Fehler ist zu vernachlässigen, weil der Symmetrie wegen die Stromlinien um den Stopfen herum derartig verlaufen würden, dass Verlust und Gewinn in den oben erwähnten Bereichen einander kompensieren.

Durch Versuche bei mehreren Beobachtungen nach Erreichen konstanter Temperaturbedingungen fand ich, dass keine beträchtliche Veränderung in den Ablesungen eintrat, wenn ich den Finger ein bis zwei Minuten lang an den Drähten der Wärmeelemente bei ihrem Eintritt in die Hartgummi-Schraubenpfropfen hielt. Unter gewöhnlichen Beobachtungsbedingungen bestand daher kein nennenswerter Fehler, der auf Rechnung von Wärmeleitung längs der Drähte nach und von den Verbindungsstellen zu setzen gewesen wäre.

Ergebnisse. In den folgenden Tabellen

Tabelle.

No.	Druck (Atm.)	Gas-Temp.	Press-Diff. (cm Hg)	Temp.-Diff.	Temp.-Diff. pro Atm.	Temp.-Diff. pro Atm., reduziert auf 22°C.
27	5,3	22°,0	70,7	1°,10$_2$	1°,19$_0$	1°,19$_0$
28	5,3	21°,5	79,6	1°,24$_2$	1°,18$_5$	1°,18$_1$
26	7,3	21°,4	79,3	1°,20$_4$	1°,15$_1$	1°,14$_6$
24	10,3	20°,8	78,8	1°,20$_9$	1°,16$_6$	1°,15$_4$
25	10,3	21°,4	79,0	1°,21$_4$	1°,16$_8$	1°,16$_4$
29	10,3	21°,5	80,3	1°,25$_0$	1°,18$_3$	1°,17$_9$
23	15,2	20°,9	80,2	1°,22$_8$	1°,16$_4$	1°,15$_6$
30	15,2	21°,8	80,4	1°,25$_5$	1°,18$_6$	1°,18$_5$
21	20,1	20°,9	79,4	1°,20$_8$	1°,15$_6$	1°,14$_6$
22	20,1	20°,4	79,6	1°,23$_2$	1°,17$_6$	1°,16$_4$
13	24,9	24°,4	78,6	1°,14$_9$	1°,10$_2$	1°,12$_9$
20	24,9	21°,0	79,2	1°,21$_1$	1°,16$_2$	1°,15$_4$
31	24,9	21°,7	78,6	1°,22$_1$	1°,18$_0$	1°,17$_8$
14	29,6	24°,3	82,8	1°,23$_2$	1°,13$_1$	1°,14$_9$
18	29,6	23°,6	75,5	1°,12$_2$	1°,12$_9$	1°,14$_2$
19	29,6	21°,0	76,8	1°,17$_2$	1°,16$_0$	1°,15$_2$
15	34,3	24°,2	77,1	1°,12$_8$	1°,12$_2$	1°,13$_9$
16	34,3	23°,7	77,7	1°,14$_3$	1°,12$_0$	1°,13$_0$
17	37,0	23°,7	53,7	0°,77$_6$	1°,09$_7$	1°,11$_0$
32	37,0	21°,0	66,7	1°,00$_9$	1°,14$_9$	1°,14$_1$
33	38,9	21°,0	67,2	1°,01$_4$	1°,14$_6$	1°,13$_8$

ist die Bedeutung der verschiedenen Zahlenspalten aus den Überschriften klar, ausgenommen vielleicht die letzte Spalte. Wegen der Temperaturveränderung von einer Beobachtung zur anderen (die niedrigste Temperatur war 20,4° und die höchste 24,4°) war es nötig, die unmittelbaren Ergebnisse auf die Basis einer gemeinsamen Temperatur zu reduzieren. Zu diesem Zwecke wurde angenommen, dass der Kühleffekt umgekehrt proportional zum Quadrat der absoluten Temperatur ist (es ist dies das von Joule und Thomson gefundene Variationsgesetz). Um die Reduktion möglichst gering zu machen, wurde als gemeinsame Temperatur 22°, d. h. sehr angenähert das Mittel der einzelnen Temperaturen gewählt.

Die ersten zwölf Beobachtungen erfolgten, ohne dass man irgendwie die Temperatur der oberen Messinghohlschraube M zu kontrollieren gesucht hätte, und zeigten daher erhebliche Unregelmässigkeiten in den resultierenden Werten. Dieselben sind nicht in die Tabelle übernommen und auch nicht in Fig. 4 mit den anderen Bestimmungen zusammen aufgetragen. Die Ergebnisse der folgenden 21 Beobachtungen sind in der Reihenfolge zunehmender Druckwerte angeordnet.

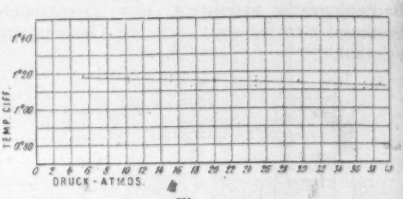


Fig. 4.

Bei der auf die 33. Beobachtung folgenden Serie wurden Unregelmässigkeiten der Galvanometerablenkungen merklich. Nach einiger Zeit wurde die Ursache derselben in dem Bruche einer thermoelektrischen Verbindungsstelle entdeckt, der wahrscheinlich von der während der beiden letzten bei hohem Drucke ausgeführten Beobachtungen erfolgten Überanstrengung herrührte. Ich bemerkte bei dieser Gelegenheit beim Herausnehmen der Verbindungsstellen zur Reparatur, und auch bei anderen Gelegenheiten, nach deren Herausnahme zu erneuter Kalibrierung, dass die zur Verhinderung von kleinen durch die Porosität der Bleiglätte hergerufenen Undichtheiten benutzten Tropfen Siegellack sehr rauh aussahen und erheblich deformiert waren. Dies kam von der Viskosität des Siegellacks, durch die derselbe langsam in die Poren der Bleiglätte getrieben wurde; diese Deformation verursachte sehr wahrscheinlich das Brechen der Verbindungsstelle. Die thermoelektrischen Verbindungsstellen wurden nach erfolgter Reparatur ohne jede erneute Kalibrierung wieder eingesetzt, so dass die drei letzten Versuche nicht zu den früheren hinzugerechnet werden können. Sie wurden in der kurzen für die experimentelle Arbeit noch übrigen Zeit zum Zwecke des Erhaltens vergleichender Werte für zwei Gassorten vorgenommen.

Während der zur Untersuchung nach der Ursache der oben erwähnten Störung vorgenommenen Beobachtungen wurden zwei Cylinder

mit Kohlensäure von einer anderen Firma bezogen als die, von der die früher benutzten stammten. Es sah nun so aus (obwohl infolge der Unregelmässigkeiten der Galvanometerablenkungen die Anhaltspunkte natürlich unsicher sind), als ob dieses Gas kleinere Werte liefere als die mit dem Gas der erstgenannten Firma erzielten. Um die beiden nach erfolgter Reparatur zu vergleichen, wurde eine Beobachtung mit dem vorher benutzten Gase ausgeführt, und unmittelbar hierauf zwei Beobachtungen mit dem von dem einen der beiden Cylinder herrührenden Gase vorgenommen, so dass der Vergleich unter so nahe wie möglich gleichen Bedingungen erfolgte; die Ergebnisse zeigten eine ausgeprägte Verschiedenheit.

Wenn wir die gerade Linie

$$\frac{\delta\vartheta}{\delta p} = 1^0,\ 187 + 0{,}0015 \cdot p$$

als Veränderungsgesetz des Kühleffekts mit dem Drucke bei der Versuchstemperatur annehmen, so beträgt die Maximalabweichung von der Kurve ungefähr 2,5 Proz.

Ein Vergleich dieser Ergebnisse mit denen Natansons zeigt erhebliche Differenzen, sowohl was die Form der Kurven als auch was die Werte bei niedrigen Drucken anbelangt. Natanson arbeitete bei einer Temperatur von 20° C.; er giebt als die seine Ergebnisse darstellende Gleichung

$$\frac{\delta\vartheta}{\delta p} = 1^0,\ 18 + 0{,}0126\ p_m$$

an; p_m ist der Mittelwert der Drucke vor und hinter dem Stopfen. Diese Formel ergiebt für den Abkühlungseffekt bei $p = 5$ Atm. ($p_m = 4{,}5$) dem von mir benutzten niedrigsten Drucke, den Wert 1,24°, der einem Werte von 1,22° bei 22° entspricht.

Es lässt sich kein Vergleich in Bezug auf die Veränderung von $\frac{\delta\vartheta}{\delta p}$ mit p mit den Ergebnissen der Joule-Thomsonschen Versuche ausführen, da die von diesem getroffene Wahl der Druckwerte nicht dazu angethan ist, diese Veränderung auch dann, wenn eine solche bestände, zu zeigen. Der von ihnen gefundene Wert bei 19,1° war 1,16, was bei Reduzieren auf 22° 1,14 ergiebt.

Die von mir erzielten Ergebnisse sind nicht so ausgedehnt, dass sich daraus eine Form für die charakteristische Gleichung von CO_2 ergeben könnte; es müsste zu diesem Zwecke eine Temperaturveränderung vorgenommen werden. Von erheblichem Interesse ist es jedoch, die von den verschiedenen Forschern angegebene Kurvenform mit dem Veränderungsgesetz von $\frac{\delta\vartheta}{\delta p}$ mit p zu vergleichen, wie dasselbe sich aus der van der Waalsschen Gleichung ergiebt

$$\left(p + \frac{a}{v^2}\right)\cdot(v - b) = R\vartheta.$$

Die allgemein zur Diskussion des Joule-Thomsonschen Effektes benutzte thermodynamische Gleichung, nämlich

$$\mathcal{J}\cdot c_p \cdot d\vartheta = \left(\vartheta \frac{dv}{\delta_p\vartheta} - v\right)dp \qquad (1)$$

ist im vorliegenden Falle nicht geeignet, weil der sich ergebende Ausdruck bequeme Annäherungen nicht gestattet. Eine ähnliche Gleichung

$$\mathcal{J}\cdot c_v \cdot d\vartheta = -\vartheta \frac{dp}{d_v\vartheta} dv - v dp$$

ist weit besser; dieselbe ergiebt

$$\mathcal{J} c_v d\vartheta = -\left(p + \frac{a}{v^2}\right)dv - v dp = -d(pv) - \frac{a}{v^2} dv.$$

Wenn wir diese Gleichung zwischen den Bedingungen auf beiden Seiten des porösen Stopfens integrieren, so erhalten wir

$$\mathcal{J} c_v(\vartheta_2 - \vartheta_1) = p_1 v_1 - p_2 v_2 - a\left(\frac{1}{v_1} - \frac{1}{v_2}\right). \quad . \quad . \quad (2)$$

Wüllner[1] und Bouty[2] haben dieselbe Gleichung bei der Diskussion der Theorie und Ergebnisse dieses Joule-Thomsonschen Versuches benutzt. In der von ihnen benutzten Form

$$\mathcal{J} c_v(\vartheta_2 - \vartheta_1) = p_1 v_1 - p_2 v_2 - (E_2 - E_1), \qquad (3)$$

wo E die Potentialenergie der Moleküle untereinander darstellt, unterscheidet sie scharf zwischen dem von äusserer und dem von innerer Arbeit herrührenden Betrage des Effektes. Es könnte einiger Zweifel in Bezug auf die Verwendung von C_v an Stelle von C_p in der von ihnen gegebenen Gleichung bestehen. Bouty begeht denn auch das Versehen, C_p zu benutzen und erhält ein korrektes Ergebnis (korrekt in der Annäherung) durch einen zweiten Fehler in seinen weiteren Rechnungen. Dass C_v richtig ist, ersieht man daraus, dass die auf der rechten Seite von (3) ausgedrückte Energie nur zur Umänderung der kinetischen Energie der Molekularbewegungen dient; ausserdem lässt die Methode, die nach der Gleichung (1) abgeleitet ist, keinen Zweifel in Bezug auf die Richtigkeit ihrer Verwendung aufkommen.

Wenn wir in (1) für pv den aus der van der Waalsschen Gleichung sich ergebenden Wert einsetzen, so erhalten wir

$$\mathcal{J} c_v(\vartheta_2 - \vartheta_1) = R(\vartheta_1 - \vartheta_2) - 2a\left(\frac{1}{v_1} - \frac{1}{v_2}\right) + b(p_1 - p_2) + ab\left(\frac{1}{v^2} - \frac{1}{v_2{}^2}\right)$$

Wenn wir das letzte Glied vernachlässigen und annehmen, dass beim Einsetzen für v_1 und v_2 die Gleichung

1) A. Wüllner, Lehrbuch der Experimentalphysik, Bd. **2**.
2) E. Bouty, Journ. d. Phys., (2) **8**, 20, 1889.

$$pv = R \cdot \vartheta$$

gilt; wenn wir ferner die Wirkung der Temperaturveränderung auf das Volumen vernachlässigen, so erhalten wir

$$\vartheta_2 - \vartheta_1 = -\frac{\frac{2a}{R\vartheta} + b}{\mathcal{J} \cdot c_p}(p_1 - p_2)$$

Dies ist der von Wüllner und Bouty angegebene Ausdruck; er zeigt, dass $\frac{\delta\vartheta}{\delta p}$ von p unabhängig und (annähernd) zur ersten Potenz von ϑ umgekehrt proportional ist. Wenn die Werte $\mathcal{J} = 4{,}19 \times 10^7$, $c_p = 0{,}2000$ (Wiedemann), $\vartheta = 295$, $p_1 - p_2 = 1014 \times 10^6$, und wenn die van der Waalsschen Konstanten, wie sie gewöhnlich benutzt werden, nämlich $R = 1{,}889 \times 10^6$, $a = 2{,}853 \times 10^9$, $b = 1{,}163$ (alle in *C.-G.-S.*-Einheiten) eingesetzt werden, so ergiebt die Gleichung

$$\vartheta_2 - \vartheta_1 = -1^0{,}098,$$

während die beobachteten Werte im Durchschnitt

$$\vartheta_2 - \vartheta_1 = 1^0{,}16$$

ergeben.

Dies ist genau dieselbe Gleichungsform wie der von Rose-Onnes[1]) für die Joule-Thomsonschen Ergebnisse für Luft, CO_2 und Wasserstoff gefundene empirische Ausdruck, nämlich

$$\frac{\delta\vartheta}{\delta p} = \frac{\alpha}{\vartheta} + \beta.$$

Die Wirkung der Temperaturveränderung $\delta\vartheta$ auf das Volumen ist jedoch derart, dass diese Annäherungen bei höheren Drucken nicht zulässig sind; und die Annahme, dass $\mathcal{J}c_v + R = \mathcal{J}c_p$, ist bei einem Gase wie Kohlensäure ganz und gar nicht statthaft, wie sich daraus ergiebt, dass Regnault c_p bis zu 37 Atm. von p so ziemlich unabhängig fand, während die von Joly[2]) bestimmte Veränderung von c_v mit p sehr ausgeprägt ist. Wenn wir nach den Jolyschen Ergebnissen (sein niedrigster Mitteldruck betrug 7,2 Atm.) extrapolieren und 0,167 als den Wert von c_v bei 1 Atm. Druck zwischen den Temperaturen 15^0 und 100^0, und ferner 0,208 für c_p bei 60^0 nach den Wiedemannschen Bestimmungen annehmen, so finden wir, dass $Tc_v + R = 8{,}87 \times 10^6$, während $T \cdot c_p = 8{,}72 \times 10^6$, d. h. ein beträchtlicher Unterschied.

Wenn wir wiederum von der Annahme ausgehen, dass $pv = R\vartheta$, so erhalten wir

$$(\mathcal{J}c_v + R)(\vartheta_2 - \vartheta_1) = -\frac{2a}{R}\left(\frac{p_1}{\vartheta_1} - \frac{p_2}{\vartheta_2}\right) + b(p_1 - p_2) + \frac{ab}{R^2}\left(\frac{{p_1}^2}{{\vartheta_1}^2} - \frac{{p_2}^2}{{\vartheta_2}^2}\right)$$

$$= \frac{2a}{R\vartheta^1}\left(p_1 - \frac{\vartheta_1}{\vartheta_2}p\right) + b(p_1 - p_2) + \frac{ab}{R^2{\vartheta_1}^2}\left({p_1}^2 - \frac{{\vartheta_2}^2}{{\vartheta_2}^2}{p_2}^2\right)$$

In dieser Form giebt die Gleichung die Wirkung einer Temperaturveränderung im ersten und im dritten Gliede an. Wenn p_1 und p_2 zunehmen, so nimmt das erste (und wichtigste) Glied für $\vartheta_1 > \vartheta_2$ an Grösse ab. Das dritte Glied ist nicht zu vernachlässigen, da es bei $p_1 = 40$ Atm. einen Wert von mehr als $^1/_{10}$ des ganzen Effektes erreicht hat.

Offenbar ist nach dieser Gleichung keine direkte Lösung nach $\delta\vartheta = \vartheta_2 - \vartheta_1$ möglich; man kann jedoch eine Reihe von Annäherungen erzielen, wenn man rechts die wirklich beobachteten Werte von ϑ_1 und ϑ_2 einsetzt und nach $\delta\vartheta$ auflöst. Wenn dieser Wert für $\delta\vartheta$ mit den eingesetzten Werten von ϑ nicht übereinstimmte, so wurden für diese Werte die aus dem berechneten $\delta\vartheta$ sich ergebenden eingesetzt und eine neue Lösung ausgeführt, u. s. w., wobei man die niedrigsten zulässigen Werte von c_v nach den Jolyschen Bestimmungen benutzte. Auf diese Weise wurden für drei Drucke, nämlich 5 Atm., 20 Atm. und 40 Atm., Werte von $\frac{\delta\vartheta}{\delta p}$ berechnet; die Ergebnisse waren bezw. $0{,}98^0$, $0{,}90^0$ und $0{,}80^0$. Die entsprechenden Werte nach der Kurve

$$\frac{\delta\vartheta}{\delta p} = 1^0{,}19 - 0{,}0015\,p$$

betrugen 1,18, 1,16 und 1,13. Die Abweichungen sind in Wirklichkeit noch grösser als diese Zahlen angeben, da der Veränderung von C_v mit p, die beträchtlich ist, nicht Rechnung getragen wurde; die äussersten von Joly angegebenen Werte sind 0,1684 bei 7,2 Atm. und 0,1739 bei 21,7 Atm.

In Anbetracht der Anwesenheit von ϑ im Nenner des Ausdrucks $\frac{a}{\vartheta(v+c)}$ für den inneren Druck nach der Clausiusschen Gleichung ist die Abhängigkeit des Wertes $\frac{\delta\vartheta}{\delta p}$ von p, wie sie sich aus dieser Gleichung ergiebt, noch grösser als die von der van der Waalschen Gleichung angegebene.

Ithaca, New York, Oktober 1904.

(Aus dem Englischen übersetzt von A. Gradenwitz.)

(Eingegangen 9. November 1904.)

1) J. Rose-Onnes, Phil. Mag. [5], **45**, 227, 1898.
2) J. Joly, Phil. Trans., London, **182A**, 73, 1891.

Zur Thermodynamik.

Von K. v. Wesendonk.

Wenn man die Frage erörtert, wie weit die durch einen chemischen Prozess veranlasste

Energieänderung in nutzbare mechanische Arbeit (oder Energie entsprechender Art) übergeführt werden kann, so wird man wohl zunächst nach den Bedingungen möglichst vollständiger Umwandlung suchen. In diesem Sinne beschäftigte sich denn auch der Verf.[1]) seiner Zeit auf von technischer Seite[2]) gegebene Anregung hin mit dem vorliegenden Thema. Wenn man auf einen Kreisprozess verzichtet, so leistet ein adiabatischer Vorgang die vollständige Transformation der dabei eintretenden Energieabnahme in äussere Arbeit, wobei nur der betreffende adiabatische Prozess die Clausiussche Ungleichung nicht verletzen, resp. keine Entropieabnahme zur Folge haben darf. Kreisprozesse sind ja durchaus nicht in allen Fällen notwendig für ein günstiges praktisches Ergebnis, besonders dann nicht, wenn die Produkte des betreffenden chemischen Umsatzes (Auspuffgase oder dergl.) noch weitere Verwendung finden können. Thermodynamisch scheint Verf. dem erfolgreichen Beschreiten des angedeuteten Weges nichts Wesentliches entgegenzustehen. Man muss es technisch fertig bringen, genügend grosse Energieabnahme zwischen den anfänglich gegebenen, zur Reaktion gelangenden Stoffen und den dem Motor entweichenden Endprodukten zu erzielen, und einem günstigen[3]) adiabatischen Verlaufe möglichst nahe zu kommen. Sind gegeben Brennstoffe bei der Temperatur T und dem Drucke der Umgebung, gelangen sie zur Reaktion in einer geeigneten Vorrichtung, und befinden sich die Verbrennungsprodukte nach gethaner Wirkung im geeigneten Motor wieder auf der Temperatur T und dem Drucke der Umgebung, und im Ruhezustande, so kann also die ganze Verbrennungswärme bei konstantem Drucke wenigstens theoretisch in mechanische äussere Arbeit verwandelt werden, auch wenn (was ja wohl allgemein der Fall) die Entropie durch die Verbrennung zunimmt. Verf. kann daher mit Herrn H. Lorenz[4]) nicht übereinstimmen in betreff der Forderung konstanter Entropie für die vollständige Ausnutzung der betreffenden Wärmetönung. Würde man in unserem Falle auf umkehrbarem isothermen Wege mit der absoluten Temperatur T der Umgebung vom Anfangs- zum Endzustande gelangen, so gewänne man durch Wärmeaufnahme von der Umgebung dabei noch an Arbeit eine Grösse äquivalent $T \triangle S$ hinzu, wenn $\triangle S$ die Entropiezunahme des Prozesses bedeutet. Diese Überlegenheit der isothermen reversibeln Veränderung ist allerdings um so bedeutender, je grösser die Vermehrung von S und verschwindet mit ihr. Verf. ist auch nicht verständlich, was Herr Nernst eigentlich meint, wenn er (Theoret. Chemie 676, 1903) sagt, die Verbrennungswärme der Kohle sei bei Zimmertemperatur ziemlich vollständig in äussere Arbeit überführbar. Eine nähere Erörterung des Sachverhaltes seitens des hochverdienten Forschers wäre jedenfalls sehr erwünscht.[1])

Verzichtet man auf einen adiabatischen Vorgang, so kann man den chemisch sich umsetzenden Stoffen eventuell Wärme entziehen, und diese durch einen Kreisprozess zum Teil in Arbeit verwandeln[2]); solches geschah und geschieht noch bei Dampfmaschinen zumeist ausschliesslich mit den Feuergasen, deren sonstige Energie man ja leider so oft unbenutzt entweichen lässt. Ein endothermer chemischer Vorgang kann umgekehrt bekanntlich (wie bei gewissen galvanischen Elementen) Wärme aus der Umgebung aufnehmen und zur Arbeitsleistung verwenden. Betrachtungen, wie sie Herr Cantor angestellt, sind gewiss nicht ohne Interesse, können auch praktisch bedeutungsvoll werden, aber als ein erheblicher Fortschritt in der Erkenntnis unseres Gebietes erscheinen sie dem Verf. kaum. Die Frage betreffend die Verwandelbarkeit chemischer Energie in mechanische Arbeit liegt im Vergleich zur Wärme insofern anders, als man chemische Energie nicht wie diese einfach zu- und ableiten kann, ohne stoffliche Änderungen zu veranlassen. Ein Kreisprozess, bei dem das arbeitende System chemische Energie einerseits aufnimmt und dann teils wieder abgiebt, teils in Arbeit verwandelt oder umgekehrt, ist Verf.s Wissen nach bisher nicht angegeben worden, und dürfte wohl kaum zu finden sein. Chemische Arbeit scheint eben wesentlich in stofflichen Änderungen zu bestehen. Wird einem in chemischem Umsatze befindlichen materiellen Systeme weder Wärme noch sonst Energie zugeführt, bleibt dabei seine Temperatur unverändert, und leistet es äussere mechanische (oder äquivalente sonstige) Arbeit, wie solches ja bei Daniellschen Elementen gewisser Zusammensetzung der Fall, so kann man wohl sagen, chemische Arbeit (Energieänderung) gehe direkt vollständig in äussere solche

1) Wesendonk, diese Zeitschr. **4**, 329—333, 1903.

2) Friedenthal, Verhandl. d. D. Physik. Ges. **4**, 387—396, 1902; vergl. Stodola, Dampfturbinen, S. 209, 1903; J. Swinburne, Electrical Rev. **42**, 52, 1903.

3) Bei dem nicht etwa viel erzeugte leb. Kraft vergeudet wird u. dergl. Der schliesslich noch vorhandenen, also nicht verwandelten Energie ist natürlich die leb. Kraft der den Motor verlassenden Stoffe zuzuzählen, wenn nicht etwa die Erzeugung solcher kinetischer Energie speziellen praktischen Zweck besitzt.

4) Technische Wärmelehre 426, 1904.

1) Die Schwierigkeit, geeignete adiabatische Prozesse zu finden, sind nicht zu verkennen, man wird vielleicht komplizierte Umwege einschlagen müssen, aber das Ziel der vollständigen Verwandlung freiwerdender chemischer Energie in mechanische Energie erscheint Verf. nach der Thermodynamik in beliebiger Annäherung erreichbar.

2) M. Cantor, diese Zeitschr. **5**, 379—383, 1904.

über.[1]) Allerdings sind dabei Anfangs- und Endzustand des arbeitenden Systems nicht gleich, und es sind auch andere Auffassungen vielleicht berechtigt[2]), ob man aber bei der Eigenart der chemischen Energie auf solche Weise weiter kommt, erscheint fraglich.

Die von Herrn H. Lorenz, l. c. (S. 420 u. 426), aufgeworfene Frage, ob es Verbrennungen resp. chemische Reaktionen gebe, welche bei gleicher Grösse von Anfangs- und Endtemperatur und Druck auch gleiche Entropie aufweisen, dürfte wohl manchem des Interesses wert erscheinen. Prof. Mac Orr[3]) hat kürzlich das Thema behandelt, welches beim Anblick des Doppelzeichens in Clausjus Ungleichung $\leq$ wohl auch schon viele zum Nachdenken anregte, nämlich wie weit nichtumkehrbare Vorgänge möglich sind, ohne die Entropie zu ändern. Clausius konnte bei seiner Definition der Reversibilität nicht anders als das Doppelzeichen einführen. Denn wenn z. B. bei einem adiabatischen Prozesse, der nicht in einer Folge von Gleichgewichtszuständen besteht, keine äussere Arbeit, sondern nur lebendige Kraft erzeugt wird, von der nichts durch Reibungs- und dergl. Einwirkungen in Wärme verwandelt wird, so bleibt die Entropie konstant wie bei einem isentropischen Prozesse. Die leb. Kraft hat ja nur einen verschwindenden Entropiewert, sie ist aber wie mechanische Energie überhaupt im erweiterten Planckschen Sinne reversibel, es entsteht die Frage, ist bei einem adiabatischen Prozesse, bei dem zu Anfang und zu Ende gleiche Entropie vorhanden, auch Reversibilität in solch erweitertem Sinne anzunehmen. Bei einem derartigen Vorgange kann nun die Entropie nicht streckenweise zunehmen, weil sie ja dann wieder abnehmen müsste, was ausgeschlossen. Sie muss also während des ganzen Verlaufes gleich bleiben, der adiabatische Prozess ergiebt für die Zustände des arbeitenden Systems eine Folge isentropischer Zustände. Wenn Verf. die Annahmen, die Herr Planck in seinem bekannten Buche macht, richtig versteht, wird danach von dem arbeitenden System nach aussen hin nur mechanische Arbeit abgegeben, oder kinetische Energie erzeugt. Da aber solche mechanische Energien theoretisch wenigstens völlig ineinander verwandelbar sind, so kann die bei obigem Prozesse gelieferte mechanische Arbeit resp. leb. Kraft dazu dienen (theoretisch wenigstens) auf isentropischem Wege den Anfangszustand wieder zu erhalten. Dabei ist dann alles wieder genau in denselben Zustande wie vor dem Ablaufe des Prozesses. Man bedarf also, wie dem Verf. scheint, keiner Ergänzung der Planckschen Beweisführung, wie sie Herr Mac Orr einführen zu müssen glaubt, um den Satz aussprechen zu können: Bleibt bei einem adiabatischen Vorgange die Entropie unverändert, so ist er in erweitertem Sinne reversibel. Man muss nur bedenken, dass das Prinzip der Vermehrung der Entropie lediglich für adiabatische Prozesse aufgestellt ist, und man muss annehmen (was schon Clausius als wahrscheinlich bezeichnete), jeder Zustand sei umkehrbar zu erreichen. Leistet das arbeitende System eine andersgeartete, im erweiterten Sinne reversible Energieabgabe nach aussen, etwa elektrischer oder magnetischer Natur, so gelten ganz entsprechende Darlegungen. Bedenken können wohl nur entstehen, wenn Energie aus dem System austräte, die als entschieden irreversibel anzusehen wäre, und doch die Entropie dabei konstant bliebe.

Verf. kann sich ferner den Einwänden Herrn Mac Orrs gegen die Annahme, auch bei irreversibeln Prozessen besitze jedes Element des arbeitenden Systems einen bestimmten Entropiewert, nicht anschliessen. Kennt man in solchen Fällen auch nicht immer die Werte und Verteilung des Druckes z. B., so befindet sich doch jedes Element der zu betrachtenden Substanz in jedem Momente in einem ganz bestimmten Zustande. Kann man diesen umkehrbar erreichen, so erscheint auch die Entropie des betreffenden Elementes für den entsprechenden Augenblick angebbar. Man rechnet ja in verschiedenen Teilen der Physik mit Körper-Elementen, ohne auf Schwierigkeiten bedenklicher Art zu stossen, resp. mit den Molekulartheorien gefährlich zu kollidieren.

Die wohl auf Duhem zurückgehende Annahme, welche auch Herr Mac Orr bespricht, die Zunahme der Entropie bei nicht umkehrbaren Prozessen beruhe auf Verwandlung von sonstiger Energie in Wärme durch der Reibung ähnliche Einflüsse, hat wohl eine recht allgemeine Geltung. Solche Einflüsse kommen auf den verschiedensten Gebieten der Physik vor, durch sie ergiebt sich bei nicht umkehrbaren Vorgängen das arbeitende System als wärmer, denn bei dem entsprechenden isentropischen Vorgange. Diese Auffassung scheint Verf. auch bei chemischen Umsetzungen anwendbar zu sein, wenn man die betr. Darlegungen von Helmholtz[1]) im Auge behält. Verbrennungen aber, die adiabatisch und nicht umkehrbar verlaufen, dürften danach wohl stets Zunahme der Entropie ergeben.

1) v. Helmholtz, Vorles. über Theorie und Wärme, S. 298 u. 302, 1903.

2) Herr Prof. Swinburne sieht chemische Energie als Wärme an, nicht mehr verwandelbar wie diese. Entropy p. 135 u. 124, 1904.

3) Phil. Mag. 8, 509—527, 1904.

1) Vorles. über Theorie der Wärme S. 285, 1903.

(Eingegangen 14. Dezember 1904.)

VORTRÄGE UND REDEN.

Über die spontane Einwirkung von Metallen auf die empfindliche Schicht photographischer Platten bei Vermeidung jedes direkten Kontaktes.[1])

Von Georg W. A. Kahlbaum und Max Steffens.

Das, was ich Ihnen, meine Herren, mitteilen möchte, ist nur ein Ausschnitt aus einer grösseren Arbeit, die mich seit Jahren beschäftigt, und die in gewünschter Weise zu fördern, mein unregelmässiger Gesundheitszustand mich hindert. Es ist nur ein Span, der abgefallen ist, etwas Unfertiges, das ich aber doch, gerade meines Gesundheitszustandes wegen, schon jetzt einem weiteren Kreise bekannt geben will, so wenig auch sonst „Vorläufige Mitteilungen" nach meinem Geschmacke sind.

Der Titel, den ich meiner Mitteilung gegeben habe, macht den Eindruck, als wenn ich mich von dem Thema meiner früheren Arbeiten ganz losgesagt hätte. Das ist nicht der Fall, auch diese Arbeit hängt mit den Studien über die Vorgänge im Vakuum, im besondern mit den Metalldestillationen eng zusammen.

Das Bedürfnis, grössere Mengen hochsiedender Metalle, wie Kupfer, Silber u. s. w., im Vakuum zu destillieren, zwang mich, von durchsichtigem Glas zu undurchsichtigem Porzellan überzugehen.

Die Anwendung von Röntgenstrahlen macht das Porzellan durchsichtig. (Demonstration.[2])

Die Einrichtung meines Destillierofens mit eisernen Wänden, verhinderte die Durchleuchtung während der Destillation; ich nahm mir vor, einen Ofen zu bauen, der dies, die Durchleuchtung während des Arbeitens, gestattete. Dieser Wunsch zeitigte die Frage, welche Stoffe setzen der Durchleuchtung mit Röntgenstrahlen das geringste Hindernis entgegen. Der erste Versuch ergab die bisher neue Antwort, auch für die chemisch auf die empfindliche Platte wirksamen Strahlen gilt der Satz: Die Durchlässigkeit der Elemente für X-Strahlen ist eine Funktion des Atomgewichts. (2 Demonstrationen.)

Bis zur Mitteilung dieser Thatsache war ich auf der Naturforscher-Versammlung in Genf 1902 gekommen[1]), da wurde mir bedeutet, dass es höchste Zeit sei zu frühstücken uud ich zu schliessen hätte, — was dann auch geschah.

Trotzdem erschien mir die Erkenntnis interessant genug, ihr weiter nachzugehen. Das wurde in dem Sinne versucht, die verschiedene Schwärzung der photographischen Platte mit dem Martensschen Apparat optisch zu messen, und parallel damit die Menge des schwärzenden Silbers durch Titration zu bestimmen. Der Gedanke, die reduzierten Silberkörner nach Art der Blutkörperchen auszuzählen, musste nach dem ersten Versuch als unausführbar aufgegeben werden, weil auch bei den am wenigsten geschwärzten Platten die Menge sich als unzählbar erwies. —

Mit Herrn stud. Max Steffens zusammen habe ich die Versuche seit dem Beginn des letzten Sommers (1904) wieder intensiver in die Hand genommen. Dieselben haben sehr erhebliche experimentelle Schwierigkeiten geboten. Die Bedingung: völlig gleicher Umstände, die conditio sine qua non für vergleichende Messungen, kann, wenn man es mit X-Strahlen, deren photographische Wirkung auch noch von der Unterlage der Platten abhängig ist, mit den fortwährend sich ändernden Röntgenlampen, mit lichtempfindlichen Emulsionen, deren Sensibilität kaum je völlig übereinstimmt, und den nie ganz gleichmässig arbeitenden Entwicklern zu thun hat, nur ausserordentlich schwer eingehalten werden, und so gelang es wohl, für gleichzeitig aufgenommene und entwickelte Platten, unter sich genügend übereinstimmende Resultate zu erzielen, die auch bei der Titration Parallelität zeigten und sich rechnerisch beikommen liessen, für mehrfache Aufnahmen aber liess die Übereinstimmung so viel zu wünschen übrig, dass die Resultate als nach dieser Richtung bisher nicht völlig befriedigend, bezeichnet werden müssen. Trotzdem werden auch diese Versuche fortgesetzt.

Schon früher hatte ich gefunden, dass Metalle, insbesondere Zink, sich selbst photographieren, so dass, wenn man z. B. ein Zinkblech im Dunkeln, unter Vermeidung jedes direkten Kontaktes, über eine photographische Platte legt, man eine deutliche, aber ungleichmässige Schwärzung entwickeln kann.

Mit Herrn Dr. Baragiola, meinem Assistenten, bin ich im Sommer des vorigen Jahres (1903) dieser Beobachtung nachgegangen und wurden wir vorläufig zu der Annahme geführt, diese Erscheinung auf eine Aufspeicherung radioaktiver Eigenschaften an der Oberfläche zurück-

1) Vortrag, gehalten am 7. Dezember 1904 vor der Naturforschenden Gesellschaft in Basel von Georg W. A. Kahlbaum.

2) Bei den Demonstrationen wurden stets die Originalplatten (Negative) vorgezeigt oder die bei den Versuchen benutzten Originalanordnungen. In diesem Falle wurde das Photogramm eines Retortenkölbchens aus Porzellan, in dem Indium destilliert wurde, und das das Übergetriebene, die an den Wandungen haftenden, zum Teil zurückgeflossenen grösseren und kleineren kondensierten Tröpfchen und den Rückstand in wunderschönem Bilde wiedergab, gezeigt.

1) Vergl. Archives de Genève T. 14, p. 373, 1902.

zuführen. Dies veranlasste mich während meines unfreiwilligen dreimonatlichen Aufenthaltes in Baden-Baden die dortigen Quellen auf diesem Wege, im Januar dieses Jahres (1904), wie ich glaubte mit Erfolg, auf Radium zu untersuchen.[1] Herr Dr. Baragiola hat in analoger Weise unter Anwendung von Quecksilber und ebenfalls mit Erfolg, gemeinsam mit Herrn Dr. Castendyck, die Wildstein-Quelle bei Traben-Trarbach a. d. Mosel, im April dieses Jahres (1904) untersucht. Herr Dr. Baragiola hat elektroskopisch gemessen, ich habe mit photographischen Platten gearbeitet. Da wir, wie gesagt, von der Ansicht einer Aufspeicherung an der Oberfläche ausgingen, habe ich stets beide Seiten des Zinkbleches untersucht, indem ich dasselbe wieder, unter Vermeidung des direkten Kontaktes, zwischen zwei photographische Platten legte. (Demonstration.)

Näher auf diese, auch noch nicht abgeschlossenen Versuche einzutreten, will ich hier vermeiden, weil mich das sonst zu weit von meinem heutigen Thema, zu dem ich jetzt zurückkehre, ableiten würde. —

Als sich uns, Herrn Steffens und mir, wie ich schon sagte, beim Messen der Schwärzung photographischer Platten durch Röntgenstrahlen, die Metallbleche durchdrungen hatten, so viele Hindernisse in den Weg stellten, glaubte ich, dass etwa diese Eigenschaft des spontanen Einwirkens der Metalle auf die empfindliche Schicht mit in Betracht kommen könne, und das um so mehr, als in diesen Fällen ein direkter Kontakt statthatte.

Dieser Kontakt dauert zwar nur wenige Sekunden, so dass eine direkte chemische Einwirkung wohl nicht in Betracht kommen könnte; nicht ausgeschlossen aber war, dass die Fähigkeit, sich selbst zu photographieren, durch das gleichzeitige Durchdringen von Röntgenstrahlen beeinflusst, auch möglicherweise durch häufig wiederholtes Bestrahlen erheblich verstärkt würde.

Deshalb schlug ich Herrn Steffens vor, die bisher benutzten Bleche auf die Fähigkeit des Sich-Selbst-Photographierens zu untersuchen. Das geschah während einer kurzen Abwesenheit meinerseits, am Ende Juli. Bei meiner Rückkehr teilte mir Herr Steffens, der auch diese Metalle unter Vermeidung des direkten Kontaktes zwischen zwei photographische Platten gelegt hatte, mit, dass er wohl Bilder, aber immer nur auf einer der Platten, ob auf der oberen oder der unteren war ihm nicht ganz sicher, erhalten habe.

Sofort fielen mir Blondlots einseitig nur nach unten wirkende N-Strahlen ein, mit denen wir kurz vorher, allerdings wie so viele andere auch, erfolglos Versuche angestellt hatten, und mit Herrn Steffens zusammen ging ich der Beobachtung weiter nach.

Die Bleche, mit denen die Untersuchung auf ihre Durchlässigkeit für Röntgenstrahlen behufs optischer und chemischer Messung in der letzten Zeit angestellt worden waren, sind

Al, *Fe*, *Zn* und *Pb* gewesen, sie wurden mit A_1 bezeichnet.

Diese Bleche A_1 sind während des ganzen Semesters gebraucht, und infolgedessen vielfach mit Röntgenstrahlen belichtet worden. Sie wurden zuerst auf ihre Fähigkeit, sich selbst zu photographieren, untersucht. Ich will diese Fähigkeit in der Folge, um dem Kind einen Namen zu geben, mit Aktinautographie, mit Strahlenselbstschreibung, bezeichnen.

Der Versuch wurde folgendermassen angeordnet. (Demonstration.) In eine mit schwarzem Papier innen und aussen beklebte Pappschachtel wurde eine photographische Platte, die Schichtseite nach oben gelegt, auf die empfindliche Schicht, in der Mitte der Platte, ein Streifen Paraffinpapier, und über der Platte, den Rand der Platte deckend ein etwa 2 cm breiter Pappkranz von 1,5 bis 2 mm Dicke, auf die Mitte des Paraffinpapiers war ein viereckiger Pfeiler von der gleichen Pappe wie der Randkranz angebracht. Dann wurden, oben links beginnend, die Metallbleche nach dem Atomgewicht geordnet, also *Al* 27, *Fe* 56, obere Reihe, *Zn* 65, *Pb* 206, untere Reihe, von dem Rand und dem mittleren Pfeiler getragen, aufgelegt, so dass die sich berührenden Bleche, etwa 2 mm über der empfindlichen Schicht, ohne jeden direkten Kontakt mit derselben, sich befanden.

Auf die obere Seite der Bleche wurde wiederum ein Streifen Paraffinpapier und am Rand wieder ein Pappkranz von der gleichen Dimension aufgelegt, und auf diesen die zweite photographische Platte, die empfindliche Schicht nach unten, so dass also die zweite Platte ebensoweit über den Metallblechen lag, wie die erste unter denselben, die empfindlichen Schichten waren bei beiden den Metallen zugewendet. Das Paraffinpapier hält, wie bekannt, ziemlich viel Strahlen zurück; es hatte hier nur den rein praktischen Zweck, ein abwechslungsreicheres, daher besser zu entwickelndes Bild zu geben. Natürlich wurde auf Gleichmässigkeit bei dem Hervorrufen der Bilder sorgsamst Bedacht genommen, zunächst, und immer für zwei zusammengehörige Platten, der gleiche Entwickler von der gleichen Temperatur und genau gleichlange Zeit wirken gelassen. Die Expositionszeit betrug fünf Tage; die angewandten Platten

1) Wie das vorher von Herrn Prof. Himstedt, später von Herrn Prof. Geitel geschah und jetzt von Herrn Geheimrat Engler ausgeführt wird.

stammten aus der Fabrik A. Lumière et ses fils in Lyon.

So die Anordung und hier das Resultat. (Demonstration, vergl. die beigegebene Figur, die 6 Lumière-Platten 18 : 24 wiedergiebt; in dieser Figur die beiden mittleren Platten oben und unten.)

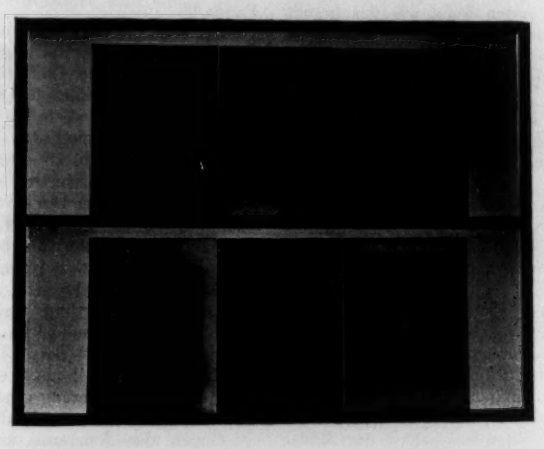
Wir sehen, dass also nach fünftägiger Expositionszeit die untere Platte ein scharf begrenztes, kräftiges Bild der Metallbleche zeigt, während auf der oberen Platte kaum etwas zu sehen ist.

Das Resultat war so überraschend, dass der Versuch alsbald noch zweimal wiederholt wurde. (2 Demonstrationen.)

Resultat ähnlich dem der bestrahlten Bleche. Auf der unteren Platte ein deutliches Bild aller Bleche, auf der oberen: kein *Fe* und *Pb*, ein sehr schwaches Bild des *Al*, ein deutliches des *Zn*, die beiden letzteren aber nur an den durch Paraffinpapier nicht geschützten Stellen. (Demonstration, vergl. in der beigegebenen Figur die beiden Platten links oben und unten.)

Zwei Wiederholungen bestätigten die erstere Beobachtung. (2 Demonstrationen.)

Nach diesen Versuchen, den früheren Erfahrungen am Zink, und der bekannten Ansteckungsgefahr lag es nahe, die Versuche zu wiederholen, nachdem Bleche derselben Art mit Radium bestrahlt wurden. Vier neue ge-



Der Erfolg war der gleiche. Natürlich war der erste Gedanke der, dass die Fähigkeit der Aktinautographie erst durch das Durchleuchten mit X-Strahlen erworben sei. Die Bleche A_1, mit denen bisher experimentiert worden war, waren käuflich bezogen, teils aus hiesigen Geschäften, teils, wie das Aluminium von C. A. F. Kahlbaum, Berlin, also gewöhnliche Handelsware. Aus meinem Vorrat, bei den beschränkten Räumen des physikalisch-chemischen Institutes, ist die Vorratskammer für Bleche — ich erwähne das mit Vorbedacht — die Ofenröhre, also ein dunkler, kühler, wenigstens im Sommer kühler Ort, aus meinem Vorrat also wurden genau gleiche Bleche wieder von *Al*, *Fe*, *Zn* und *Pb* geschnitten mit A_2 bezeichnet, und in vollkommen gleicher Weise wie die vorigen zwischen Lumière-Platten angeordnet. Der Versuch ergab ein schnittene Bleche, wiederum *Al*, *Fe*, *Zn* und *Pb*, A_3 bezeichnet, wurden vier Tage mit Radium bestrahlt, und dann in gleicher Weise zwischen Lumière-Platten gelegt. Das Bild zeigte kaum einen Unterschied gegenüber den ersten Aufnahmen. Unten ein deutliches Bild, oben dieses Mal gar nichts. (Demonstration, vergl. in der beigegebenen Figur die beiden Platten rechts oben und unten. Die untere Platte ist irrtümlich verkehrt gestellt, links unten müsste rechts oben stehen.)

Eine Wiederholung bestätigte den ersten Versuch (Demonstration); doch macht sich gegenüber den unbestrahlten Blechen wiederum der Unterschied bemerkbar; während A_1 und A_3, die mit *X*-Strahlen und Radium behandelten, oben so gut wie gar kein Bild zeigten, war, worauf schon hingewiesen, die Aktinautographie bei den unbestrahlten Blechen

A_2 für *Al* schwach, für *Zn* deutlich auch auf der oberen photographischen Platte sichtbar.

Es wurden deshalb diese Bleche A_2, die bisher oben Bilder von *Zn* und *Al* gegeben haben, im ganzen 13 Minuten *X*-Strahlen ausgesetzt. Der Erfolg war, dass nun die aktinautographischen Bilder auf der oberen Platte verschwanden, und die Bleche A_2 sich nun völlig wie die bestrahlten Bleche A_1 und A_3 verhielten! — (Demonstration.)

Man spricht bekanntlich vielfach von Strahlenfiltern, wenn man bei dem Bild bleibt, müsste in unserem Falle das Zurückgehaltene auf der bestrahlten Seite der Bleche sich ansammeln. Es wäre also möglich, dass die beiden Seiten eines Bleches verschieden stark aktinautographisch wirkten.

Es wurde darum mit der Lage der Bleche gewechselt, zum ersten Male war das bereits bei den mit Radium bestrahlten Blechen A_3 geschehen, bei deren erster Aufnahme die bestrahlte Seite nach unten, bei der zweiten dagegen nach oben gerichtet war. Wie Sie sich selbst überzeugen konnten, war ein Unterschied nicht wahrnehmbar. Das gleiche zeigte ein neuer Versuch, den ich Ihnen vorlege. (2 Demonstrationen.)

Bei den einen Blechen, den alten A_1, lag während der Expositionszeit die bestrahlte Seite nach oben, bei anderen neuen A_3 dagegen nach unten, ein Unterschied ist, wie Sie sehen, nicht nachweisbar.

Dagegen haben wir bald stärkere, bald schwächere Bilder (wie das auch die beigegebene Figur zeigt), woraus dieser Unterschied zu erklären ist, vermag ich nicht zu sagen, — die Expositionszeit war immer die gleiche, — allem Anschein nach spielen jedoch auch Temperatur und Feuchtigkeit beim Festhalten der Bilder eine nicht unwesentliche Rolle. Ich werde noch später darauf zurückzukommen haben, will also jetzt nicht darauf eingehen. —

Meine Herren, fassen wir das zusammen, was wir bisher gesehen haben, so will es scheinen, als wenn wir es hier mit einer Emanation zu thun hätten, die den Gesetzen der Schwere unterworfen ist. — Es ist stets ein ganz in die Augen springender Unterschied zwischen der unter den Blechen befindlichen Schicht, und der über denselben wahrzunehmen, auch nicht einmal hat diese Beobachtung bisher bei den 9 Versuchen, die ich Ihnen vorlegte, versagt.

Dass es nicht leicht wird, solchen Gedanken auszusprechen, liegt auf der Hand. Anzunehmen, dass von einem mit Blei, Zink oder Kupfer gedeckten Dach beständig ein feiner Regen einer schweren Emanation sich in das Haus ergiesse, widerspricht unseren bisherigen Erfahrungen so vollständig, dass man allen Grund hat, beim Aussprechen desselben die äusserste Vorsicht walten zu lassen. — Wir haben uns deshalb auch alle möglichen Einwendungen gemacht und nach einer anderen Erklärung gesucht. Zunächst ist daran zu denken, dass, wie bekannt, eine ganze Reihe von Stoffen auf photographische Platten einwirkt, so Papier, Holz, Stroh u. s. w. In der Nr. 44 der bekannten Zeitschrift „Die Woche" vom 29. Oktober dieses Jahres (1904) hat der Innsbrucker Geologe Prof. Blaas über solche Stoffe, die er „photechische", von φῶς Licht und ἔχειν hält, also „Lichthalter" nennt, berichtet. Prof. Blaas hat diesen Namen gewählt, weil diese Stoffe die Eigenschaft in hervorragendem Masse nach Belichtung mit natürlichem oder künstlichem Lichte zeigen. Unter diesen Stoffen, von denen Blaas die Metalle, bis auf das Zink, ausdrücklich ausnimmt, befindet sich auch die Pappe.[1])

Bei unseren Versuchen lag die untere bildgebende Platte direkt auf Pappe auf, während die obere, leerbleibende, immerhin etwa 1 cm von der Pappe des Deckels entfernt war; hier lag also ein Unterschied in der Anordnung vor, der einen Unterschied des Ergebnisses, wenn nicht wahrscheinlich, so doch möglich machte.

Direkt belichtet wurden unsere Pappschachteln natürlich nie. Der Natur der Versuche nach wurden dieselben im Dunkeln vorbereitet und angestellt, immerhin ist die Möglichkeit, dass die Schachteln zwischen einem und dem nächsten Versuch, die sich, der langen Expositionszeit wegen, allerdings meist noch am gleichen Tage folgten, einmal Licht bekommen haben, in diesem sonnigen Sommer nicht völlig ausgeschlossen; also ist auch einmal eine Mitwirkung an der Schwärzung einzelner Platten durch photechische Einflüsse nicht absolut unmöglich. —

Gegen die Annahme aber, dass von der Pappe ausgehende Strahlung das Bild als solches hervorgerufen habe, spricht die Thatsache, dass wir doch deutlich die Zeichnung der Bleche und der ganzen Anordnung auf der Platte wiederfinden. Es müssten demnach die zeichnenden Strahlen, von der Pappe ausgehend die empfindliche Schicht wirkungslos durchdringend, zu den Blechen gelangt sein, um dort wirksame Strahlen zu induzieren oder sich zu solchen zu transformieren, die dann auf dem Rückwege das Bild erzeugten, wobei dann allerdings die Photechie der Pappe gar nicht direkt zur Geltung käme.

Diese Annahme ist doch gewiss auch eine gewaltsame. Nichtsdestoweniger wurden zunächst zwei Versuche angestellt, diese Möglichlichkeit zu prüfen. Da Professor Hagenbach in Aachen, welcher im Sommer die Versuche bei mir sah, diese eine Modifikation

1) Vergl. auch diese Zeitschr. **5**, 363, 1904.

vorschlug, so bezeichne ich dieselbe als Hagenbachsche Anordnungen.

Nach derselben werden die Bleche aufrecht gestellt, dazu müssen sie natürlich zwischen die Pappränder festgeklebt werden, ebenso wird der kleine Pappfeiler in der Mitte und das Paraffinpapier aufgeklebt, die sonst untere Seite bleibt unverändert, die photographische Platte lehnt mit der Glasseite an die Pappe. Um ein Durchstrahlen von der andern Seite nach Möglichkeit zu hindern, wurde zwischen der Glasseite der sonst oberen Platte und dem Deckel eine Schicht paraffinierten Papiers eingeschoben und diese Schicht durch an den Deckel geklebte Zapfen fest angedrückt. (Demonstration.)

Hier verschwindet die Ungleichheit zwischen beiden Bildern, da der Unterschied von oben und unten wegfällt, die Bilder sind wenig deutlich und verwischt.

Die Gegenprobe wurde in der Weise angestellt, dass auch auf der Glasseite der oberen Platte eine Pappscheibe, der gleichen Herkunft wie der Boden der Schachtel, fest aufgedrückt wurde.

Das Resultat war nun wieder unverändert das alte, unten ein Bild, oben nichts.[1]) (Demonstration.)

Endlich wurde noch folgender Versuch als ein experimentum crucis angestellt.

Ohne jede Umhüllung, also unter Fortlassung der Pappschachteln, wurden die Platten auf einen Holzkranz gelegt, der in dem Wandschrank, der als Dunkelkammer diente, so aufgehängt war, dass nach unten und oben von den Glasseiten der beiden Platten, zwischen denen die Bleche lagen, sich erst in 1 m Abstand eine Wand befand. Auch hier wurde das gleiche, alte Resultat erzielt, das durch eine Wiederholung des Versuches noch bestätigt wurde. (Demonstration.)

Auch darauf wurde Betracht genommen, dass nicht etwa eine Strahlung irgendwelcher Art im Wandschrank die nackten Platten beeinflussen könne. Zu dem Ende wurden in dem Schrank 3 kleinere Platten, die eine aufrecht, die andere mit der Schichtseite nach unten, die dritte mit der Schichtseite nach oben, die je von einer mit einem Kreuz aus undurchlässigem Papier beklebten Glasplatte bedeckt waren, nackt aufgestellt und ein zweites Mal aufgehängt. Entwickelt zeigten dieselben sich völlig glasklar und ohne Spur eines Bildes. —

Noch mag bemerkt werden, dass der Wandschrank sich in dem völlig dunkel zu machenden und Wochen hindurch dunkel gehaltenen, optischen Zimmer des Laboratoriums befindet, und vor jedem eindringenden Lichtstrahl noch besonders durch einen schwarzen Vorhang und einem grossen 2 m breiten, mit undurchlässigem Papier beklebten Wandschirm von Zimmerhöhe geschützt ist. —

Man wird zugeben müssen, dass die zur Prüfung der vorher ausgesprochenen Vermutung, die Aktinautographie sei die Folge einer den Gesetzen der Schwere folgenden Emanation, angestellten Versuche bisher nichts gegen dieselbe Sprechendes erbracht haben. —

Setzen wir voraus, wir haben es mit einer solchen zu thun, und setzen wir weiter voraus, der abgegebenen Emanation komme eine gewisse Anfangsgeschwindigkeit zu, so wird jedes Teilchen derselben sich verhalten müssen, wie ein geworfener Körper, d. h. der Weg eines solchen wird eine Parabel sein müssen.

Nehme ich ein vertikal gestelltes Metallblech, das unter einem Winkel zu einer ebenfalls vertikal gestellten photographischen Platte geneigt ist, so werden die Ränder des aktinautographischen Bildes nicht parallel mit denen des Bleches verlaufen, sondern sie werden auf der photographischen Platte parabolisch geneigt, und zwar vom Berührungspunkt ab, erscheinen müssen. Es würde damit auch eventuell die Möglichkeit gegeben sein, die Geschwindigkeit der Teilchen verschiedener Metalle zu berechnen.

Ein Versuch nach dieser Richtung wurde in der Weise angestellt, dass zwischen zwei aufrecht gestellten, die Schichtseite einander zukehrenden, photographischen Platten ein Bleiblech diagonal angeordnet wurde, so dass dasselbe sich der einen Platte unter dem gleichen Winkel näherte, als es sich von der anderen entfernte.

Die auf diesen Versuch erfolgte Antwort ist keine völlig präzise.

Da über die Expositionszeit noch gar keine Erfahrungen vorlagen, musste herumgetappt werden, und so wurde vorsichtigerweise erst die eine Platte entfernt und entwickelt; da sich kein deutliches Bild zeigte, wurde weiter exponiert. Bei dem Entfernen der einen Platte mag sich wohl die Lage des Objekts zur zurückbleibenden Platte ein wenig verschoben haben, zugleich ist das Bleiblech so weich, dass es nur schwer gelingt, es ganz straff zu spannen, so dass nach der Entwicklung das Bild keine ganz scharfen Ränder, worauf es hauptsächlich ankam, erkennen liess.

Immerhin zeigt das Bild des Bleches, von

1) Seither haben wir die etwaige photechische Einwirkung der Pappe auch dadurch studiert, dass wir Bleche und Pappkästen einen Wintertag hindurch besonnen liessen. Dann einen besonnten Kasten mit besonnten Blechen, einen besonnten Kasten mit unbesonnten Blechen, einen unbesonnten Kasten mit besonnten Blechen und einen unbesonnten Kasten mit unbesonnten Blechen beschickten. Die Resultate wichen voneinander nicht merklich ab, so dass ein etwaiger photechischer Einfluss der Pappe, wenn er überhaupt auftritt, jedenfalls nur unwesentlich ist.

der Auflagestelle weg, eine deutliche, namhafte Verbreiterung; an der Auflagestelle beträgt die Höhe des Bildes 61 mm, am andern Ende, wo das Blech von der photographischen Platte am weitesten entfernt war, 67 mm, während das Blech selbst durchgängig 60 mm Höhe misst.

Doch wie gesagt, eine präzise Antwort wurde auf diese Frage bisher nicht erhalten. (Demonstration.)

Das Bild zeigt aber noch eine andere merkwürdige Erscheinung. Dass wir auf der photographischen Platte ein Bild des Bleibleches haben, wird niemand bezweifeln, und doch, während wir bisher stets die Bilder der Metalle dunkel auf hellem Grund sahen, ist hier umgekehrt das Bild des Bleches hell auf dunklem Grunde. Wie diese Umkehrung zu erklären ist, vermag ich nicht zu sagen und Hypothesen mag ich nicht aufstellen. Man nennt diese Umkehrung des photographischen Negativbildes „Solarisation," sie wird meist auf Überlichtung zurückgeführt. Eder, der Meister photographischer Forschung, hat nachgewiesen, dass das Sonnenspektrum bei 9000facher Überlichtung umkehrt, d. h. dass dann im Negativbilde die Fraunhoferschen Linien dunkel auf hellem Grunde erscheinen. Dass hier eine solche gewaltige Überexposition vorliegt, ist ausgeschlossen. Ich will hier einschieben, dass ich, im Gegensatz dazu, bei einem weiteren Versuch ein zwar sehr schwaches, doch deutlich dunkles Bild auf hellem Grund erhalten habe.

Im Beginn meiner Mitteilung habe ich davon gesprochen, dass ich versucht habe, Radium im Badener Wasser durch Aufspeicherung induzierter Radioaktivität auf der Oberfläche von Zinkblechen nachzuweisen, habe Ihnen auch die Anordnung und den Erfolg eines solchen Versuches vorgelegt. Hier weise ich Ihnen das Resultat zweier weiterer Versuche vor, das Ihnen das gleiche Phänomen wie der eben besprochene bei der Prüfung der Aktinautographie einer diagonal zwischen zwei Glasplatten gestellten Bleiplatte zeigt. (Demonstration.)

Das eine Mal erscheint das ausgestanzte Zinkstück hell auf dunkel, das andere Mal dunkel auf hell.[1]) Beide Zinkbleche haben gleichlange im Badener Wasser gehangen, beide Platten sind nachher gleichlange exponiert und entwickelt worden, und doch die Umkehrung bei der einen. — Wie gesagt, das Warum ist mir völlig unklar. Sie werden es aber auch begreiflich finden, weshalb ich bisher von all diesen Studien nichts veröffentlicht habe. Es spielten da noch Faktoren mit, die sich bisher nicht haben mit Sicherheit fassen lassen wollen.

Zu diesen gehört auch die Erscheinung, über die ich jetzt kurz zu berichten habe.

Sie haben gesehen und ich habe ja auch verschiedentlich darauf hingedeutet, dass die Platten mehrfach durch hässliche Fehler entstellt waren. Ich habe deshalb mit den Platten gewechselt, und habe zuerst, statt der Lumière-Platten, solche der Firma A., — ich nenne mit Vorbedacht keinen Namen, — dann solche der Firma B., die mir von einem hiesigen ersten Sachkenner auf das wärmste empfohlen waren, endlich auch solche der Firma C. angewandt.

Die Platten der Firma A., die ich zuerst gebrauchte, gaben noch erkenntliche, wenn auch ungemein schwache Bilder; auf den Platten der Firma B. blieben auch nach weit über die Gebühr ausgedehnter Expositionszeit, die bis zu 28 Tagen dauerte, die Bilder ganz aus; etwa ebenso verhielten sich die C-Platten, die nur Aktinautographien von Zink gaben.

Lag es an der Verschiedenheit der Emulsionen, lag es an dem hier etwa weniger wirksamen Entwickler oder lag es an der Temperatur, es war inzwischen Spätsommer und Herbst, Oktober — November geworden — oder an der minder feuchten Luft, in dem seit Monaten verschlossen gehaltenen Dunkelzimmer, oder aber wirkten alle diese Faktoren zusammen, ich vermag es nicht zu sagen. Ich würde deshalb auch auf meine Mitteilung wohl ganz verzichtet haben, wenn es uns zuletzt nicht doch gelungen wäre, die alten Bilder, wenn auch, selbst auf Lumière-Platten, erheblich abgeschwächt, wieder zu erhalten, seit dem wir durch beständiges Heizen und Verdampfen von Wasser für erhöhte Temperatur und Feuchtigkeit der Zimmerluft Sorge getragen haben. Ich glaube, mehr darf ich noch nicht sagen; ich glaube demnach, dass diese beiden Faktoren Wärme und Feuchtigkeit von erheblichem Einfluss auf das Gelingen der Versuche sind.

Immer aber hatte sich auch bei diesen teilweis misslungenen Versuchen gezeigt, dass ein Unterschied der Lage, ob über oder unter der empfindlichen Schicht bei der grösseren Mehrzahl der Metalle, für die Aktinautographie von ausschlaggebender Bedeutung ist.

Eine Ausnahme davon bildet das Zink, dem auch Herr Prof. Blaas, wie schon gesagt, von allen Metallen allein, photechische Eigenschaften zuschreibt; ihm schliesst sich nach unseren Erfahrungen das Aluminium an; im Uran wirkt die radioaktive Kraft so stark, dass mit Sicherheit ein Unterschied nach der Lage nicht konstatiert werden konnte — ich komme übrigens darauf noch zurück. Von den sonst unter-

1) Die Versuche waren so angeordnet, dass aus einem zwischen zwei Glasplatten eingekitteten Zinkblech ein Stück ausgestanzt war, welches, während das Blech zwischen den Glasplatten längere Zeit in das zu untersuchende Wasser gehängt wurde, zurückbehalten war, um dann, in die Stanzstelle befestigt, mit dem aus den umhüllenden Glasscheiben befreiten Blech zugleich zwischen die empfindliche Schicht photographischer Platten, unter Vermeidung direkten Kontaktes, gelegt zu werden.

suchten Metallen, Eisen, Nickel, Kupfer, Blei, Zinn, Silber und Gold haben wir für die ersten vier nur auf der unteren Platte Bilder erhalten, die letzteren drei, Zinn, Silber und Gold, haben bisher mit voller Sicherheit als aktinautographisch anzusprechende Bilder uns nicht ergeben.

Aber auch für das Zink findet ein Unterschied zwischen der nach oben gerichteten Einwirkung und der nach unten verlaufenden statt. Wir haben über und unter ein Zinkblech 2×3 photographische Platten treppenförmig so angeordnet, dass stets zwei Platten gleichweit von dem Zinkblech, die eine über, die andere unter demselben entfernt, angebracht waren. (Demonstration.)

Sie sehen dieselben hier, und bemerken deutlich die Abstufung in der Schwärzung.

Herr Steffens hat die Helligkeiten gemessen und folgende Zahlen gefunden, wenn wir die absolute Helligkeit gleich 1 setzen, so ergiebt sich für die 6 Platten u_1, u_2 und u_3, o_1, o_2 und o_3

u_1	2	mm	unter	dem	Zn	= 0,03508
u_2	4	„	unter	„	„	= 0,06106
u_3	6	„	unter	„	„	= 0,08115
o_1	2	„	über	„	„	= 0,10162
o_2	4	„	über	„	„	= 0,14431
o_3	6	„	über	„	„	= 0,16128.

Schon in der Überschrift meiner Mitteilungen und mehrfach im Verlaufe derselben, habe ich darauf hingewiesen, dass bei allen Versuchen der direkte Kontakt vermieden war, ich will jedoch bemerken, dass mir natürlich sehr wohl klar ist, dass die Vermeidung des direkten Kontaktes darum noch nicht die des indirekten in einer galvanischen Kette ausschliesst. Für eine solche sind vielmehr die Bedingungen durchaus gegeben. Auf der einen Seite ein Metall, auf der andern die Bromsilberemulsion, und dazwischen feuchte Luft. Allerdings würde damit das nur einseitige Entstehen des Bildes auch nicht erklärt werden.

Aber wir haben noch andere Versuche angestellt, die ganz deutlich gegen die Annahme einer direkten chemischen Einwirkung, im landläufigen Sinne des Wortes, sprechen. — Sowohl bei dem diagonal gestellten Bleiblech als auch bei 2 der Versuche mit freihängenden Platten habe ich nicht nur zwei, sondern mehrere photographische Platten angewandt, indem ich bei dem diagonalen Bleiblech deren vier, rechts und links je zwei, bei den freihängenden Platten deren drei, zwei unten und eine oben anwandte. Da hat sich nun gezeigt, dass nicht nur die erste, sondern dass auch die zweite Platte ein deutliches Bild gab, zu der also die Strahlen, erst nachdem sie die Emulsion und die erste Glasplatte durchdrungen hatten, gelangen konnten. (Demonstrationen.)

Hier die zwei Bilder des diagonalen Bleibleches, hier die zwei unteren der freihängenden Platten.

Dieser Versuch wurde noch ein zweites Mal wiederholt.

Die zweiten Bilder sind zwar schwächer, aber auch noch deutlich sichtbar! —

Mit diesen zweiten Bildern ist der Beweis erbracht, dass wir es, wenn überhaupt mit Materie, wofür ja der Einfluss der Gravitation sprechen würde, mit einer solchen in so feiner Verteilung zu thun haben würden, wie sie bisher für feste Körper sicher noch nicht bekannt ist.

Andererseits sprechen die schwächeren Schwärzungen der zweiten Platten bei dem Blei wieder gegen direkte durch die Pappe hervorgerufene photechische Wirkung; denn gäbe diese die Veranlassung, so würde die zweite äussere Platte die stärkere Schwärzung zeigen müssen. Die Annahme der Transformation unwirksamer photechischer Strahlen durch die Metalle in wirksame oder die durch Photechie veranlasste Induktion neuer Strahlen in den Metallen würde allerdings durch die Thatsache einer geringen Schwärzung der zweiten Platten nicht berührt werden. —

Übrigens haben wir eine Reihe der von Blaas angegebenen photechischen Versuche wiederholt und auch bei diesen einen merklichen Unterschied zwischen oben und unten geglaubt konstatieren zu können, doch bedürfen diese Versuche noch einer Nachprüfung.

Haben wir es wirklich mit einer Emanation zu thun, die gravitiert? Das ist die Frage, die sich immer von neuem aufdrängt.

Ich habe hier (Demonstration) vier Platten, auf denen Sie ganz schwache Schwärzungen als kreisrunde Flecken in der Mitte sehen. Es sind Aktinautographien, die mit metallischem Uran hergestellt sind. Sie bemerken, dass die Schwärzung eine verschiedene ist. Die eine Platte ist die dunkelste.

Sie wurden in folgender Weise erhalten. Die Wirkung der Gravitation kann durch Schleudern erhöht werden. Wir haben das Uran in einem Blechschächtelchen in eine Pappverpackung eingebettet, und zwei photographische Platten in gleicher Entfernung über und unter dem Metall angeordnet, die Schichtseiten dem Uran zugekehrt, und dann einen 70 cm langen Bindfaden eine Stunde lang mit 120 Umdrehungen in der Minute geschleudert, das gleiche Uran in der gleichen Anordnung darauf eine Stunde zwischen zwei neue empfindliche Platten der gleichen Emulsion liegen lassen, und alle vier Platten ganz gleichmässig entwickelt.

Den Erfolg sehen Sie an diesen vier Platten. Bilder zeigen sie alle vier, das deutlichste trägt, wie billig, die äussere der centrifugierten Platten, aber, und das ist das sehr Wichtige,

auch die innere Platte, welche keine der Gravitation unterliegende Teilchen treffen konnten, zeigt ein Bild! —

Auf diesen ersten Versuch liessen wir einen zweiten folgen, bei dem uns eine Centrifuge mit Wasserbetrieb, die Herr Prof. Metzner uns zu leihen die Güte hatte, treffliche Dienste leisteste. Dieselbe läuft bis zu 2700 Umdrehungen in der Minute, da die Centrifugalkraft mit dem Quadrat der Geschwindigkeit wächst, $m\ r\ v^2$, so stand uns hier ein trefflicher Apparat zur Verfügung, wenn derselbe auch seine Maximalleistung nicht erreichte.

In entsprechender Anordnung, die Glasplatten wurden durch Filzunterlagen vor dem Zerdrücktwerden geschützt, wurden *Zn*, *Cu*, *Fe* und *Ni* zuerst 6 Stunden, und als eine Schwärzung der Platten, die unter dem Zink lagen, konstatiert werden konnte, weitere 9 und 25 Stunden, also im ganzen 40 Stunden centrifugiert.

Die drei Bleche *Cu*, *Fe* und *Ni* gaben keine resp. keine ganz klaren Bilder, die Schleuderung fand im Freien bei niederer Temperatur statt, vielleicht liegt hier und in der kurzen Zeit — sonst wurde mindestens 120 Stunden exponiert — der Grund. Das Zink aber, obgleich einmal nur 6, das andere Mal 34 Stunden geschleudert, zeigte das gleiche Resultat wie das Uran, stärkere Schwärzung auf der äusseren, geringere, aber doch sichtbare auf der inneren Platte.

Daraus scheint mir hervorzugehen, dass wir es mit keiner einfachen, sondern mit einer zusammengesetzten Erscheinung beim Uran, Zink und Aluminium, d. h. den Metallen, die mit Sicherheit nach oben und unten aktinautographieren, zu thun haben, und ich hoffe, dass es gelingen wird, durch geeignete Anordnung beim Schleudern die beiden Erscheinungsgruppen zu trennen. Diese Versuche sind bereits vorbereitet. Ferner wird weiter zu prüfen sein, inwieweit Wärme und vor allem Feuchtigkeit das Gelingen der Versuche bedingt. Auch nach dieser Richtung ist die Fortsetzung der Untersuchung im Gange, ebenso haben wir dem etwaigen Einfluss photechischer Eigenschaften noch weiter nachzugehen, was auch bereits geschehen, aber infolge eintretenden Sonnenmangels auf Schwierigkeiten stösst.[1]) —

Dies ist, meine Herren, was ich Ihnen mitzuteilen hatte. Es ist, wie ich schon zu Beginn sagte, etwas noch ganz Unfertiges, und nur mein Gesundheitszustand, der jede intensive Arbeit verbietet, wird entschuldigen, dass ich gewagt habe, vor Ihnen von solchen nur eben eingeleiteten Arbeiten schon zu berichten. Zum Schluss möchte ich noch Herrn stud. Fritz Throm, der uns bei den Versuchen getreulich unterstützt hat, auch an dieser Stelle meinen Dank aussprechen.[2])

1) Vergl. die Anmerkung 1 auf Seite 57.

2) Herr Dr. med. Georg Arndt, z. Z. am patholog. Institut des Krankenhauses rechts der Isar in München, der dem Vortrage beiwohnte, wird, wie wir verabredet haben, an bakteriologischen Präparaten die Einwirkung dieser metallischen Emanation prüfen und im besonderen auch sein Augenmerk auf einen Unterschied zwischen der Einwirkung über oder unter den Metallen befindlicher Kulturen, z. B. beim Blei einer- und beim Zink andererseits, richten. K.

(Eingegangen 19. Dezember 1904.)

BESPRECHUNGEN.

Kleiber, J., Lehrbuch der Physik für humanistische Gymnasien. Nach dem ministeriellen Lehrplane bearbeitet. 2. verb. Auflage. gr. 8. X u. 319 S. mit 392 Figuren, 4 farb. Spektralbildern, zahlreichen durchgerechneten Musterbeispielen u. Übungsaufgaben samt Lösungen. München, R. Oldenbourg. 1903. Gebunden in Leinw. M. 3,—.

Die 2. Auflage des in Bd. 3, S. 127 dieser Zeitschrift bereits besprochenen Buches zeigt der ersten gegenüber entschiedene Fortschritte. Dieselben sind nicht sowohl in der nicht unwesentlichen Stoffvermehrung zu erblicken, sondern vor allem in dem Umstande, dass in der That eine Zahl von Irrtümern und schiefen Darstellungen beseitigt sind, dass die Darstellung vertiefter, die Zahl der Beispiele vergrössert und auch die Angabe von Demonstrationen eine reichere geworden ist. Hoffentlich wird der Verfasser noch manches bei einer späteren Auflage umgestalten, was im Lichte des modernen Unterrichts immer noch unzulänglich erscheint — so (um ein einziges Beispiel zu geben) die recht unbefriedigende Einführung der elektrischen Einheiten, wie S. 202 die des Volts. Vielleicht kommt es schliesslich doch auch einmal zu einer vernünftigen Vereinigung der Statik mit der Dynamik, die noch immer von ihr losgerissen am Ende des Buches ihren Platz findet.

Behrendsen.

(Eingegangen 21. Oktober 1904.)

Kleiber, J. u. B. Karsten, Lehrbuch der Physik. Zum besonderen Gebrauche für technische Lehranstalten sowie zum Selbststudium. gr. 8. VIII u. 360 S. mit zahlreichen Figuren, durchgerechneten Musterbeispielen u. Übungsaufgaben samt Lösungen. 2. Auflage. München, R. Oldenbourg. 1903. Gebunden in Leinen M. 4,—.

Im wesentlichen von gleichem Charakter hinsichtlich des Aufbaues, der Darstellung und der Methodik wie das oben erwähnte Lehrbuch ist diese Physik für technische Lehranstalten doch in sehr erfreulicher Weise durch gründlichere Durcharbeitung vertieft und dadurch weit brauchbarer geworden. Das zeigt sich natürlich in den Teilen, die (wie der Abschnitt über die Dampfmaschinen) besonders nach der technischen Seite hin ins Gewicht fallen. Erwähnenswert ist auch der Umstand, dass hier die Dynamik naturgemäss mit der Statik vereinigt ist (im Gegensatz zu dem Lehrbuch für Gymnasien, s. vor. Bespr.). Etwas verwunderlich erscheint indessen die Thatsache, dass in dem für angehende Techniker bestimmten Buche mit keinem Worte des Gasmotors Erwähnung gethan wird.

Behrendsen.

(Eingegangen 21. Oktober 1904.)

Otto Krell, Über Messung von dynamischem und statischem Druck bewegter Luft. Mit 38 in den Text gedruckten Abbildungen. gr. 8. IV u. 65 S. München und Berlin 1904, R. Oldenbourg. M. 2,50.

Der Verfasser, dem augenscheinlich eine bedeutende Fachkenntnis zu Gebote steht, untersucht in dem vorliegenden Schriftchen eingehend die Vorteile und Nachteile der verschiedenen z. Z. vorliegenden Methoden und Apparate zur Messung des dynamischen und statischen Luftdrucks. Die Arbeit ist zwar in erster Linie für den Lüftungsingenieur geschrieben; sie dürfte aber dank ihrer Gründlichkeit auch dem Physiker Interesse bieten, welcher sich mit aerodynamischen und aerostatischen sowie hydrodynamischen und hydrostatischen Problemen beschäftigt.

Max Iklé.

(Eingegangen 28. Oktober 1904.)

R. Dorr, Mikroskopische Faltungsformen, ein physikalisches Experiment. gr. 8. 76 S. mit 4 Tafeln und 31 Textfiguren. Danzig, A. W. Kafemann, G. m. b. H. 1904. M. 5,—.

Verfasser schreibt sehr ausführlich über Faltungsformen, welche er seit 30 Jahren an dünnen Schichten von Harzlösungen unter dem Mikroskop beobachtet hat. Die Schichten waren nach der Erwärmung nur dem Einfluss der Schwere ausgesetzt. Die Faltungsformen werden mit den Gebilden der Mondoberfläche verglichen. Auf Grund dieses Vergleiches entwickelt Verf. eine Anschauung über die Entstehungsweise der Mondoberfläche, welche jedenfalls noch der weiteren Bestätigung bedarf.

Max Iklé.

(Eingegangen 28. Oktober 1904.)

K. Fuss u. G. Hensold, Lehrbuch der Physik. Freiburg, Herdersche Verlagsbuchhandlung. 1903. 5. Aufl. 525 S. mit 422 Textabbildungen und einer Spektraltafel Preis geb. M. 5,70. Dasselbe, gekürzte Ausgabe, 6. Auflage. 368 S. mit 328 Textabbildungen und einer Spektraltafel. Preis geb. M. 4,65.

Die beiden Lehrbücher, für den Schul- und Selbstunterricht bestimmt, geben die wichtigsten Erscheinungen der Physik in gewandter und erfreulich klarer Darstellung. Auch die Textabbildungen sind recht gut, während die Spektraltafel zu wünschen übrig lässt. Durch Zufügung zahlreicher Aufgaben wird dem Lehrer die Aufgabe, eine Vertiefung des Unterrichts zu erreichen, wesentlich erleichtert. Auch ist die spezielle Angabe von Versuchen, die fast regelmässig erfolgt, zu loben; allerdings sind dies meistens Versuche nur demonstrativer Art, messende Versuche fehlen fast gänzlich. Der Gebrauch der mathematischen Sprache wird etwas zu sehr beschränkt, namentlich in der Wärme- und der Elektrizitätslehre. Diese und z. T. auch die Optik nähern sich überhaupt wenig den Anforderungen des modernen Unterrichtes und der Auffassung der jetzigen Wissenschaft. Zeigt die grössere Ausgabe vielfach schon etwas oberflächlich gearbeitete Partien (wie z. B. bei der Behandlung der Pendelgesetze, der Wärmeleitung, der Dampfmaschine u. a.), so erscheint die gekürzte Ausgabe, die nach den bayrischen Lehrplänen bearbeitet ist, entschieden zu dürftig. Es dürfte der bayrische Gymnasiast schon etwas von der Existenz des Gasmotors, von den Röntgenstrahlen, von der Fluoreszenz und Ähnlichem erfahren, ohne zu sehr belastet zu werden.

Behrendsen.

(Eingegangen 7. November 1904.)

E. Riecke, O. Behrendsen, E. Bose, J. Stark und K. Schwarzschild, Beiträge zur Frage des Unterrichts in Physik und Astronomie an den höheren Schulen. Vorträge, gehalten bei Gelegenheit des Ferienkursus für Oberlehrer der Mathematik und Physik, Göttingen, Ostern 1904. Gesammelt und herausgegeben von E. Riecke. Lex. 8°. IV u. 107 S. Leipzig, B. G. Teubner. 1904. 2 M.

Das vorliegende Heft bildet den zweiten Teil des von F. Klein und E. Riecke im Anschluss an den Ostern 1904 für Oberlehrer der Mathematik und Physik abgehaltenen Göttinger Ferienkursus herausgegebenen Sammelbandes und enthält die bei jenem Kursus gehaltenen Vorträge aus den Gebieten der Physik und Astronomie insoweit, als ihr Inhalt in näherer Beziehung zu dem physikalischen und

astronomischen Unterricht der höheren Schulen steht. „Besagter Kursus," so führt Professor Klein in seinen „Bemerkungen zum mathematischen und physikalischen Unterricht" (diese Zeitschr. 5, 710, 1904) aus, „giebt uns willkommenen Anlass, uns darauf zu besinnen, was wir den Herren, die zu uns kommen, nicht nur an Ergebnissen der wissenschaftlichen Forschung, sondern auch an Überlegungen und Nachweisen, die für den Unterricht an höheren Schulen unmittelbar dienlich sein können, mitgeben können."

Nicht Zufall ist es, dass wie in Frankreich und England, nun auch in Deutschland angesehene Männer der Wissenschaft ihr Interesse dem mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht an höheren Schulen zuwenden und dass sie dieses Interesse nicht allein in Worten, sondern praktisch durch Errichtung von Ferienkursen (Berlin, Göttingen, Frankfurt) bethätigen. Es gilt, den mathematisch-naturwissenschaftlichen Disziplinen an den höheren Lehranstalten den berechtigten Einfluss auf die Erziehung und Bildung unseres Volkes und zugleich ihnen innerhalb des Wettbewerbs der Nationen den gebührenden Einfluss auf das vaterländische Kulturleben für Gegenwart und Zukunft zu sichern. Nur des Hinweises bedarf es auf die im Verlauf der letzten Dezennien fortschreitend zunehmende Erschliessung neuer Forschungsgebiete, die ununterbrochene Erweiterung und Häufung des Wissensstoffes, wie die fortdauernde Verschiebung theoretischer Ansichten, um die Gefahr der wissenschaftlichen Rückständigkeit eines Teils der jetzt amtierenden Oberlehrer und zugleich die Notwendigkeit einer intensiveren, namentlich praktisch ausgiebigeren Durchbildung der Schulamtskandidaten zu würdigen. Die seit geraumer Zeit in Zeitschriften und Vereinsversammlungen der akademischen Fachlehrer bekannt gegebenen Vorschläge und Klagen sind der sicherste Gradmesser für ein immer lebhafter nach dieser Richtung hin sich geltend machendes Bedürfnis. Für einen abseits von den Stätten der Wissenschaft arbeitenden, durch sein Amt voll in Anspruch genommenen Pädagogen wird es selbst bei ernstem Streben immer schwieriger, ja nahezu unmöglich, den Fortschritten der modernen Naturforschung auch nur annähernd in dem Masse zu folgen, wie es für sein Amt erforderlich und für die Schule notwendig ist. In durchaus zutreffender Weise hebt daher Riecke in seiner Abhandlung (S. 117) hervor, wie es zwar die Aufgabe der Gymnasialstufe sei, dem Schüler möglichst in den Elementen der Physik Sicherheit zu geben, die fundamentalen Sätze und Anschauungen einer neuen Welt von Erscheinungen ihm sicher einzuprägen, wie aber doch der Ton und der Erfolg des Unterrichts durch den Zusammenhang mit neuen Anschauungen erheblich beeinflusst wird, und gern erinnert er sich aus seiner Gymnasialzeit der Höhenblicke, die einstens sein alter Mathematiklehrer, den regulären Gang des Unterrichts verlassend, auf die Ziele der Wissenschaft hinwarf und noch heute empfindet er mit Genugtuung, wie die damaligen Schüler bei solchen Gelegenheiten, auch wenn sie jene Höhe nur durch den Schleier der Ferne sahen, doch daraus frischen Mut für die oft mühsame Arbeit des Tages schöpften. Nun besitzen wir zwar in Deutschland seit einer Reihe von Jahren eine durchaus gediegene Fachlitteratur, die uns nach und nach mit der fortschreitenden Wissenschaft in Fühlung hält, aber dem gedruckten Wort fehlt nun einmal die Kraft des unmittelbaren Anreizes zu ständiger Mitarbeit und es gewährt auch nicht in dem Masse den unmittelbaren Einblick und Überblick, nicht die Anschaulichkeit und Verständlichkeit der Einzelheiten, wie das die unmittelbare Anschauung darstellende und ergänzende lebendige Wort. Darin aber liegt gerade der Segen der praktischen Ferienkurse, dass dort an der Quelle der Wissenschaft, in methodischer Wahl an der Hand moderner übersichtlicher Anschauungsmittel Auge und Ohr in lebendiger Wechselwirkung aus der Anschauung und dem erklärenden Wort die Dinge sehen, hören, anschaulich aufnehmen und dem Verständnis und kritischer Beurteilung so nahe bringen, dass diese in kurzer Zeit zum geistigen Eigentum werden. In solchem Sinne giebt im vorliegenden Sammelbande an erster Stelle Riecke einen Überblick über die „Grundlagen der Elektrizitätslehre mit Beziehung auf die neueste Entwicklung". Von der im vorvorigen Jahrhundert aufgestellten unitarischen Ansicht Franklins über das Wesen der Elektrizität ausgehend, führt er uns in entwicklungsgeschichtlicher Folge durch die dualistische Theorie von Weber zu der Maxwell-Hertzschen Theorie, unterzieht dieselbe kurz einer wissenschaftlichen kritischen Würdigung sowie einer Prüfung auf ihre pädagogische Brauchbarkeit an höheren Schulen, um schliesslich unter Bezugnahme auf die neuesten Erfahrungen über Kanal- und Becquerelstrahlen, der Radiumemanation und Umwandlung dieser Emanation in Helium eine übersichtliche, klare Darstellung der Ionentheorie zu geben.

Aber nicht allein einer quantitativ erweiterten Fachbildung durch Zuführung neuer Wissensgebiete sollen die Ferienkurse dienen, sondern sie sollen auch einer qualitativ intensiveren und praktischeren Vorbildung der Fachlehrer förderlich sein. Was die Lehrer seit Jahrzehnten als Bedürfnis empfunden, wird hier, allerdings zunächst in den engen Grenzen eines Ferienkurses, geboten. Mit vollem Recht weist

Bose in seinem Vortrag: „Über Kurse in physikalischer Handfertigkeit" darauf hin, wie die Veranlassung zur Einrichtung des physikalischen Handfertigkeits-Praktikums „die sowohl von Lehrern als von Studenten immer wieder hervorgetretene Thatsache war, dass man während des Studiums zwar sehr viel hohe und höchste Wissenschaft, aber nur verhältnismässig wenig praktische Fertigkeiten lernen könne", deren der Lehrer in seinem Beruf nicht minder dringend bedarf. Sind doch die Ziele des gewöhnlichen physikalischen Praktikums wesentlich andere als die des Handfertigkeitspraktikums! Dort soll die Handhabung gebrauchsfertiger Messinstrumente geübt und Vertrautheit mit den Methoden der Beobachtung erzielt werden; der Praktikant soll wissenschaftlich beobachten, exakte Messungen ausführen, Beobachtungsresultate kritisch beurteilen lernen und dadurch sein physikalisches Denken schärfen. Hier dagegen soll er den Aufbau des Apparates aus seinen einzelnen Teilen mit einfachsten Mitteln der technischen Werkstatt, seine Ausbesserung und Ergänzung, eine gewisse Fertigkeit und Vertrautheit im Umgange mit solchen Apparaten, eine gewisse manuelle Geschicklichkeit und die Fähigkeit zur Ausführung von Demonstrationsversuchen üben. Die Vorschläge, die Bose bei dieser Gelegenheit über Errichtung einer Centralstelle für Lehrmittel, die Beschaffung von Gruppen von Grund- und Universalapparaten für jede Schulgattung macht, sind höchst beachtenswert und stehen durchaus im Einklang mit den Bestrebungen, wie sie von Noack und vom Verein der Lehrer für mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht wiederholt gekennzeichnet und formuliert sind. Eine Liste der bisher im Göttinger Handfertigkeitskursus ausgeführten Apparate veranschaulichen aufs beste Zweck und Bedeutung dieser Übungen.

Nicht minder interessant ist die Abhandlung von K. Schwarzschild sein „Über astronomische Beobachtungen mit elementaren Hilfsmitteln". Anknüpfend an die einfachsten astronomischen Begriffe behandelt ein erstes Kapitel ziemlich eingehend die Methoden der Orts- und Zeitbestimmungen an der Hand einfachsten Apparate, während in einem zweiten astrophysikalische Beobachtungen und kompliziertere Forschungsmethoden kurz erörtert werden.

Der von Professor Klein durch die Göttinger Ferienkurse ebenfalls für wünschenswert erachteten methodischen Förderung des mathematischen und physikalischen Unterrichts, der Mitteilung dessen, was wir an Überlegungen und Nachweisen, die für den Unterricht an höheren Schulen unmittelbar dienlich sein können, mitgeben können, entsprechen die Vorträge von O. Behrendsen: „Über einige den Unterricht in der Physik und Chemie an höheren Schulen betreffende Fragen," sowie die seinen Vortrag über moderne Strom- und Spannungsmesser einleitende Abhandlung: „Über die Physik in der Schule" von J. Stark. Mit Nachdruck weist Behrendsen vom Standpunkte des praktischen Schulmannes darauf hin, wie der physikalische Unterricht am humanistischen Gymnasium, soll anders er seine Aufgabe erfüllen, soll er Beobachtungsvermögen, induktives Denken, funktionelles Empfinden wecken und entwickeln, statt der bisher wöchentlichen zwei Stunden ein Mindestmass von 3 Wochenstunden und wie die Chemie entsprechend eine Stunde beanspruchen müsse; in didaktischer Hinsicht betont er, dass der Physikunterricht von Anfang an auf Energetik aufzubauen, die Mechanik zu diesem Zwecke voranzustellen sei, also schon in der Obersekunda erledigt sein müsse. Dr. Stark endlich unterzieht zunächst unsere heutigen physikalischen Schulbücher einer eingehenden Kritik und kommt zu dem Ergebnis, dass der physikalische Lehrstoff derselben wesentlich zu verringern sei, damit er nicht zu einem praktisch unberechtigten, geistig schädigenden Memorierstoff herabsinke, dagegen soll die Ausbildung des induktiven und deduktiven Denkens an der Hand des Experimentes die vornehmste Aufgabe des Physikunterrichtes sein; dieses Experiment aber sei genetisch und einfach, beim Unterricht suche man das Interesse für die allgemeinen physikalischen Prinzipien durch Heranziehung physikalischer Vorgänge im praktischen Leben zu erhöhen. Schliesslich spricht sich auch dieser Autor für eine Organisation des Bezuges von Schulapparaten aus. Alles in allem zeigt sich in fast allen Ausführungen eine erfreuliche Übereinstimmung mit den Ansichten, die von den Oberlehrern mit zunehmender Nachdrücklichkeit ausgesprochen sind. Wir Fachlehrer können uns nur beglückwünschen, wenn Universitätslehrer unsere Bestrebungen von höherer Warte aus freundlich beurteilen und unsere Sache zu ihrer eigenen machen. Die thatkräftige Förderung unserer Ausbildung und Weiterbildung durch Ferienkurse verdient unserer aller hochachtungsvollen Dank. Die bisherigen Erfolge stärken die Hoffnung, dass die Ferienkurse in Oberlehrerkreisen immer mehr Anklang finden und seitens unserer Regierung eine erweiterte Unterstützung erfahren. Das angestrebte Ziel freilich wird voll erst zu erreichen sein, wenn diese Ferienkurse, wie es Professor Klein auch wünscht, zu grösseren, praktischen Semesterkursen auswachsen.

Möchte den auf Hebung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts an höheren

Lehranstalten gerichteten Bestrebungen der Erfolg nicht versagt sein!

Nordhausen a. H. W. Schumann.

(Eingegangen 12. November 1904.)

Deutsche Unterrichts-Ausstellung auf der Welt-Ausstellung in St. Louis 1904. Sammelkatalog der wissenschaftlichen Instrumente.

Nicht wie auf den Weltausstellungen in Chicago und in Paris ist in St. Louis die deutsche Präzisionsmechanik durch Kollektiv-Ausstellungen vertreten gewesen, welche von der deutschen Gesellschaft für Mechanik und Optik eingerichtet worden waren, sondern es wurde im Rahmen der grossen und organisch vorzüglich gegliederten Unterrichts-Ausstellung eine Vorführung der Leistungen der deutschen mechanischen Kunst durchgeführt. Den einzelnen wissenschaftlichen Disziplinen waren immer die zur Demonstration und zur selbständigen Forschung benötigten Apparate beigefügt und es war besonders dafür gesorgt, dass auch die Einrichtung und der Gebrauch aller dieser Instrumente und Apparate in weitgehendster Weise gezeigt werden konnte. Durch die Tageszeitungen ist schon in den weitesten Kreisen bekannt geworden, welchen vorzüglichen Eindruck auf alle Besucher und besonders auf die Sachverständigen die deutsche Unterrichts-Ausstellung gemacht hat. Von allen Nationen hat in dieser Hinsicht Deutschland die grösste Anerkennung gefunden. Wenn man nun auch über den Wert solcher Ausstellungen recht verschiedener Ansicht sein kann, so ist es doch vielleicht für manchen Leser dieser Zeitschrift, dem der spezielle Katalog nicht zur Hand ist, von Interesse, eine kurze Inhaltsangabe desselben kennen zu lernen. Die Gruppe der wissenschaftlichen Instrumente zerfiel nach den Aufstellungsräumen in 4 Abteilungen; 1. Astronomische und geodätische Instrumente; Wagen; Apparate zur Längenmessung. 2. Optische Instrumente. 3. Elektrische Apparate. 4. Thermometrische und meteorologische Instrumente; wissenschaftliche Glasapparate. Ausserdem waren noch in den Abteilungen für Chemie und Medizin eine Anzahl bezüglicher Instrumente mit untergebracht.

Der Katalog, welcher die einzelnen ausstellenden Firmen in alphabetischer Ordnung aufzählt, verdankt seine treffliche Anordnung und vor allem das zusammenfassende Vorwort Herrn Prof. St. Lindeck von der Physik.-technischen Reichsanstalt. Dasselbe enthält in organischer Darstellung einen kurzen Abriss der neueren technischen Leistungen der Präzisionsmechanik mit besonderer Rücksicht auf die in dem Katalog vertretenen Forschungsgebiete. Es kann an dieser Stelle natürlich nicht auf Einzelheiten näher eingegangen werden, aber Ref. wollte nicht unterlassen, auf diesen Katalog, der in Verbindung mit den früheren einen höchst interessanten Überblick über die deutsche Präzisionsmechanik liefert, hinzuweisen und ihn zur Durchsicht auch ganz besonders den Physikern zu empfehlen. Es kann gleichzeitig darauf hingewiesen werden, dass zu einem interessanten Vergleich mit dem deutschen Katalog die auf Veranlassung des französischen Syndikats der mechanischen Künstler herausgegebene Übersicht [1]) der jenseits der Vogesen erzeugten Instrumente herausfordert. Dieses kleine Werkchen ist mit einem Vorwort von A. Cornu versehen, welches in vieler Hinsicht die Stellung der französischen Gelehrten der Präzisionstechnik gegenüber kennzeichnet. Ambronn.

1) L'industrie Française des instruments de Précision. Catalogue publ. par le Syndicat des Constructeurs en instr. d'optique et de Précision. Paris 1903.

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Es habilitierte sich an der Universität Leipzig: Dr. G. Lockemann für angewandte Chemie.

Die k. Akademie der Wissenschaften zu Berlin bewilligte durch die physikalisch-mathematische Klasse dem Professor Dr. R. Hagenbach in Aachen und dem Privatdozenten Dr. Konen in Bonn zur Herausgabe eines spektrographischen Atlas 1000 Mark.

Der a. o. Professor der Physik Dr. Ernst Neumann in Breslau ist in gleicher Eigenschaft an die Universität Marburg versetzt worden.

Der a. o. Professor der Geophysik an der Universität Göttingen Dr. Emil Wiechert ist zum o. Professor ernannt worden.

Berufen wurde: Professor Dr. Holleman in Groningen als ordentlicher Professor für anorganische Chemie an die Universität Amsterdam, der bisherige Privatdozent der Physik in Bologna Dr. Bernhard Dessau als Professer der Physik an der Universität Perugia, der Professor der Mathematik an der Universität Krakau Dr. C. Russjan als ordentlicher Professor der Mechanik nach Lemberg, der erste Assistent an der grossh. badischen Landessternwarte auf dem Königstuhl bei Heidelberg Dr. L. Courvoiser zum Observator der königl. Sternwarte in Berlin.

Verliehen wurde dem o. Professor der Mathematik an der Universität Erlangen Dr. Paul Gordan, Mitglied der bayerschen und preussischen Akademie der Wissenschaften, der Titel und Rang eines Geheimen Hofrats und dem Privatdozenten für Chemie dort, erstem Assistenten am chemischen Laboratorium Dr. Ferdinand Henrich der Titel und Rang eines a. o. Professors, dem Landtagsabgeordneten Fabrikdirektor Dr. Böttinger zu Elberfeld in seiner Eigenschaft als Vorsitzender der Göttinger Vereinigung zur Förderung der angewandten Physik und Mathematik der Charakter als Geheimer Regierungsrat.

Der a. o. Professor der Chemie Dr. Paul Duden an der Universität Jena ist am 1. Januar 1905 aus seiner akademischen Stellung ausgeschieden.

Gestorben: Der ordentliche Professor Dr. Guido Bodlaender, Dozent für physikalische Chemie und Elektrochemie an der technischen Hochschule zu Braunschweig.

Für die Redaktion verantwortlich Privatdozent Dr. Emil Bose in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.